

# Mikä menee ylös, tulee myös alas

Laatutavoiteteoreema henkilökohtaisen putoamissuojainjärjestelmän  
ankkurointipisteen valmistamiseksi

Pro-gradu tutkielma

Turun yliopisto

Rauman opettajankoulutuslaitos

Jussi Hintsala & Akseli Heikkilä

Rauma 2019

*Turun yliopiston laatuja järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu  
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

TURUN YLIOPISTO

Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö

HEIKKILÄ AKSELI

MIKÄ MENEE YLÖS, TULEE MYÖS ALAS -

HINTSALA JUSSI

Laatutavoiteteoreema  
putoamissuojainjärjestelmän  
valmistamiseksi

henkilökohtaisen  
ankkurointipisteen

Pro Gradu –tutkielma, 59 sivua ja 5 liitesivua

Käsityökasvatus

Toukokuu 2019

---

Tämän tutkielman tarkoituksena on luoda laatutavoiteteoreema henkilökohtaisen putoamissuojainjärjestelmän ankkurointipisteen valmistamiseksi. Tutkimuksen lähtökohtana on tutkielman tekijöiden vuosien kattotyöskentelykokemusten kautta ilmenneet ongelmat työturvallisuusvaatimusten ja työtehokkuuden yhteensovittamisessa. Tämän tutkimuksen aikana tutkielman tekijät pyrkivät ratkaisemaan tuota havaittua ongelmaa suunnittelemalla ja valmistamalla siirrettävän ankkurointipisteen.

Tämä tutkielma on laadullinen tapaustutkimus, joka on tehty tutkivan tuottamisen metodilla. Teoriaosuudessa laaditaan tutkielman aikana valmistettavaa tuotetta, eli ankkurointipistettä koskeva laatutavoitteisto. Laatutavoitteiden toteutumista testataan suunnittelemalla ja valmistamalla ankkurointipiste, sekä testaamalla ankkurointipistettä koehenkilöiden toimesta sen varsinaisessa käyttökohteessa, konesaumatusella peltikatolla. Ankkurointipisteen käyttäjätietoa kerättiin haastattelemalla koehenkilöitä testiradan suorittamisen jälkeen.

Tulokset osoittavat, että tutkielman aikana suunnitellun ja valmistetun ankkurointipisteen laatutavoitteista osa jäi toteutumatta. Ankkurointipisteen kahdeksastatoista laatutavoitteesta viisitoista toteutui. Tutkielman tuloksista voidaan päätellä, että kattotyöskentelyn työtehokkuuden parantaminen työturvallisuusvaatimukset huomioon ottaen on mahdollista siirrettävän ankkurointipisteen avulla.

Asiasanat: työturvallisuus, tuotekehittely, tutkiva tuottaminen, putoamissuojaus, laatutavoiteteoria, standardi

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	1
2 MÄÄRITTELYTEOREETTINEN OSA .....	2
2.1 Aikaisemmat tutkimukset .....	2
2.2 Työsuojelu ja työturvallisuus .....	4
2.2.1 Putoamissuojaus .....	4
2.2.2 Standardi .....	5
2.2.3 Standardi SFS-EN 795 .....	5
2.2.4 CE-merkintä .....	6
2.3 Henkilökohtainen putoamissuojainjärjestelmä .....	7
2.3.1 Ankkurointipiste (Anchorage).....	7
2.3.2 Turvavaljaat (Body support) .....	8
2.3.3 Turvaköysi (Connectors).....	8
2.4 Laatutavoiteprofiilin muodostaminen .....	8
2.4.1 Eksistenssiehdot .....	9
2.4.2 Dimensioidut laatutavoitekriteerit .....	10
2.4.3 Tutkimuksen laatutavoiteprofiili .....	13
2.5 Laatutavoiteoteoreeman testaamisen suunnittelu .....	14
2.6 Tutkimusongelma .....	17
3 TODISTAMISTEOREETTINEN OSA.....	18
3.1 Tutkimusasetelma .....	18
3.1.1 Tutkimustyyppi – tapaustutkimus .....	18
3.1.2 Tutkiva tuottaminen .....	18
3.2 Tuotesuunnittelun teorioita .....	19
3.2.1 Tuotekehitys yleisesti .....	20
3.2.2 Zeiselin spiraalimalli .....	20
3.2.3 Cooperin Stage-Gate malli .....	20
3.2.4 TRIZ- ongelmanratkaisumenetelmä .....	21
3.3 Ankkurointipisteen suunnittelu- ja valmistusvaiheet.....	22

3.3.1 Ankkurointipisteen ideointi- ja suunnitteluprosessin kuvaus .....	22
3.3.2 Ankkurointipisteen suunnitteluvaiheet 1-4 .....	25
3.3.3 Ankkurointipisteen valmistusvaiheet 5-6 .....	31
3.4 Laatutavoiteteoreeman testaaminen .....	35
3.5 Tutkimuksen tulokset.....	41
3.6 Tutkimusongelmaan vastaaminen .....	48
4 LUOTETTAVUUSTEOREETTINEN OSA .....	50
4.1 Tutkimuksen luotettavuus .....	50
4.2 Tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta .....	52
Lähdeluettelo .....	56
Liitteet .....	60

# 1 JOHDANTO

Tutkimuksen lähtökohtana on tutkijoiden vuosien kattotyöskentelykokemusten kautta ilmenneet ongelmat työturvallisuusvaatimusten ja työtehokkuuden yhteensovittamisessa. Kattotyöskentelyyn liittyy työturvallisuusmääräyksiä, jotka muun muassa velvoittavat suojautumaan mahdolliselta putoamiselta katolla työskenneltäessä. Kattotyöskentelyn haasteena on löytää työturvallisuusvaatimukset täyttävä ergonominen työtapa, joka olisi lisäksi myös tehokas. Työturvallisuusvaatimukset täyttävä työtapa ei nimittäin ole välttämättä tehokkain mahdollinen, ja vastaavasti tehokkain mahdollinen työtapa ei välttämättä täytä kaikkia työturvallisuusvaatimuksia.

Katolla työskentelyn suurimpana ongelmakohtana tutkielman tekijät pitävät turvaköyden kiinnitysmahdollisuuksien vähäisyyttä. Valitettavan usein katolla on turvaköydelle ainoastaan yksi kiinnityspiste, esimerkiksi savupiippu, tai kiinnityspisteitä ei ole lainkaan. Savupiippuun kiinnittämisessä on omat ongelmansa. Kiinnityspistettä ei voi siirtää, jolloin turvallinen ja tehokas työskentely koko katon alueella ei ole mahdollista ja kiinnityspisteenä toimiva vanhan rakennuksen savupiippu ei välttämättä kestä siihen kohdistuvaa rasitusta. Kiinnityspisteiden puutteen kattotyöskentelijä usein ratkaisee kiinnittämällä turvaköyden katon ulkopuolella sijaitsevaan kohteeseen, esimerkiksi puuhun tai vastaavaan kiinteään rakenteeseen. Tämä menettely rajaa yleensä työntekijän työskentelymahdollisuuksia huomattavasti ja aiheuttaa ylimääräisiä turvaköyden siirtelystä johtuvia työn keskeytyksiä.

Aikaisemmin mainittujen ongelmien kautta tutkijoille on muodostunut tarve tuotteelle, jonka avulla voidaan mahdollistaa työturvallisuusvaatimukset täyttävä ja samaan aikaan tehokas työskentelytapa. Käytännössä tuote olisi siirrettävä, väliaikaisesti kattopintaan kiinnitettävä ankkurointipiste, johon työntekijä voisi kiinnittäytyä kattotyöskentelyn aikana. Tämän tutkimuksen aikana määritellään siirrettävälle ankkurointipisteelle tuotekriteerit ja laaditaan niiden pohjalta laatutavoitteisto, sekä tavoitteiden toteutumisen testausteoria. Teorian tukemana tutkielman tekijät suunnittelevat ja valmistavat konkreettisen tuotteen, ankkurointipisteen ja suorittavat tuotteen testaamisen.

## 2 MÄÄRITTELYTEOREETTINEN OSA

### 2.1 Aikaisemmat tutkimukset

Choi, Griinke & Lederer (2006) ovat tutkineet Amerikan Yhdysvalloissa turvavaljaiden käyttöastetta pienillä asuinrakennustyömailla. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää henkilökohtaisen putoamissuojainjärjestelmän asentamiseen ja säätämiseen kuluva aika eri kattokaltevuuksilla ja sen vaikutusta työn tehokkuuteen. Tutkimuksen taustalla oli huoli henkilökohtaisen putoamissuojainjärjestelmän pienestä käyttöasteesta valvonnasta ja vaatimuksista huolimatta. Tutkimus toteutettiin kolmella eri kattokaltevuudella ja tutkimuksen tulokset osoittivat, että yksittäiseen säätökertaan käytetty aika kasvoi ja säätökertojen välinen aika lyheni katon jyrkkyyden kasvaessa.

Goh & Love (2010) tutkivat turvavaljaiden energiavaimentimia teoksessaan *Adequacy of personal fall arrest energy absorbers in relation to heavy workers*. Tutkimuksen tuloksilla pyritään vaikuttamaan turvavaljaiden energiavaimentimien testaamista määrittelevien standardien uudelleen arvioimiseen. Tutkimuksesta selviää, että työntekijöiden keskipainon noususta huolimatta turvavaljaiden energiavaimentimet testataan yhä vain 100kg:n testipainolla. Tutkijat ajattelivat testipainon olevan riittämätön suhteessa työntekijöiden painoon.

Dong, Choi, Borchardt, Wang & Largay (2013) tutkivat kuolemaan johtaneita putoamisonnettomuuksia teoksessaan *Fatal falls from roofs among U.S. construction workers*. Tutkimuksen aineisto on kerätty ajanjaksolta 1992–2009 kahdesta tietokannasta, jotka ovat Yhdysvaltain työvaliokunnan kuolemaan johtaneiden työtapaturmien luettelointi ja ajanjakson aikainen väestönkasvutilasto. Tarkasteluajanjakson aikana 67% kuolemaan johtaneista putoamisista tapahtui pienillä, 1–10 henkilöä työllistävillä rakennustyömailla. Kuolemaan johtaneita putoamisia sattui eniten alle 20-vuotiaille ja yli 44-vuotiaille työntekijöille. Tutkijoiden mielestä putoamisten ehkäiseminen tulisi kohdistaa näihin riskiryhmiin.

Hindman, Morris, Milad, Lori, Angels & Smith-Jackson (2013) ovat tutkineet puisien kattoristikoiden käyttämistä ankkurointipisteen kiinnitysalustana teoksessaan *Personal Fall Arrest System Anchors in Residential Construction*. Tutkimuksen tarkoituksena on lisätä teknistä tietämystä turvavaljaiden käytöstä rakennustyössä ja antaa ohjeita ankkurointipisteen turvalliseen kiinnittämiseen. Tutkimuksessa todetaan kattoristikon kantavan huomattavasti paremmin pystysuoraan kohdistuvaa voimaa, kuin sivuttaissuunnassa kohdistuvaa voimaa. Tutkimustulokset osoittavat, että käytettäessä yksittäistä kattoristikkoa ankkurointipisteen kiinnitysalustana, tulee vierekkäiset kattoristikot olla sidottuna toisiinsa. Lisäksi tutkimuksessa esitellään putoamisen aiheuttamia vakavia seurauksia työntekijälle, työntekijän perheelle sekä yritykselle.

Lan, Arteau & Sirard (2003) esittävät tutkimuksessaan *Method for validating multi-component safety system* testimenetelmän useista komponenteista koostuvan putoamissuojainjärjestelmän testaamiseen. Menetelmää ryhdyttiin luomaan koska erään kanadalaisen yhtiön työntekijät kieltäytyivät käytössä olleen putoamissuojainjärjestelmän käytöstä, koska järjestelmä ei ollut heidän mielestään turvallinen ja se rajoitti liikkumista työskenneltäessä. Uutta testimentelmää hyödyntäen luotiin uusi putoamissuojainjärjestelmä, joka täyttää kanadalaiset standardit.

Edellä esitellyt tutkimukset liittyvät henkilökohtaisten putoamissuojainten tutkimiseen. Tutkimusten tulokset osoittivat, että putoamissuojainjärjestelmän käytettävyyteen ja turvallisuuteen liittyviä ongelmia on ollut aikasemminkin. Kyseiset tulokset vahvistivat tutkijoiden käsitystä valitun aiheen tutkimisen tarpeellisuudesta, sekä kattoturvallisuuteen liittyvien tuotteiden kehittämistarpeesta.

## 2.2 Työsuojelu ja työturvallisuus

Suomen sosiaali- ja terveysministeriö määrittelee työsuojelun sellaiseksi toiminnaksi, joka ehkäisee, vähentää ja poistaa työoloissa aiheutuvia ammattitauteja, tapaturmia sekä työntekijän terveyttä haittaavaa fyysistä ja psyykkistä kuormitusta. (Sosiaali- ja Terveysministeriö, [www.stm.fi](http://www.stm.fi), 2017) Työsuojelua säätelevät erilaiset lait, kuten työsuojelun valvontalaki, työterveyshuoltolaki ja työturvallisuuslaki. Työsuojelu on työnantajan ja työntekijöiden välistä yhteistyötä ja vuorovaikutusta työympäristössä. (Työturvallisuuskeskus, [www.ttk.fi](http://www.ttk.fi), 2017) Työturvallisuus määritellään työsuojelun keinojen ja toimenpiteiden avulla toteutetuksi työympäristön tavoitetilaksi, jolloin työn yhteydessä ei ole vaara- tai haittatekijöitä, jotka uhkaisivat työntekijän terveyttä ja turvallisuutta. (Riikonen 2003, 11)

### 2.2.1 Putoamissuojaus

Putoamissuojauksen ensisijainen tehtävä on estää työntekijän putoaminen tai pysäyttää putoaminen työntekijän pudotessa. Valtioneuvoston asetuksen 205/2009 mukaan Suomessa putoamiselta on suojauduttava, kun työskentelykorkeus ylittää kaksi metriä. Korkealla työskenneltäessä on ensisijaisesti käytettävä kiinteitä putoamiselta suojaavia rakenteita. Näitä ovat kaiteelliset työtasot ja henkilönostolaitteet, sekä suojaverkot tai muut rakenteisiin kiinnitettävät suojarakenteet, jotka estävät putoamisen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön työturvallisuudesta §28, [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)) Tilanteissa, joissa ei teknisesti tai työn luonteen vuoksi ole mahdollista toteuttaa edellä mainittuja kiinteitä putoamissuojauksia, on myös huolehdittava työntekijän turvallisuudesta. Tällöin putoamissuojaus toteutetaan henkilökohtaisella putoamissuojainjärjestelmällä. (Kattoliiton kattotöiden työturvallisuusopas, [www.kattoliitto.fi](http://www.kattoliitto.fi) 2012)



## 2.2.2 Standardi

Suomen Standardisoimisliitto (2017) määrittelee standardin yhteiseksi menettelytavaksi toistuvalla toiminnalla. Standardit ovat standardisoinnista huolehtivan viranomaisen tai järjestön hyväksymiä kirjallisia julkaisuja. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia mutta jotkut viranomaiset voivat joissain tapauksissa edellyttää niiden käyttöä. Standardisoinnilla helpotetaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Yhteisten toimintatapojen laatimisella lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, sekä suojellaan ympäristöä ja kuluttajaa. Lisäksi standardit helpottavat kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi) 2017.) Standardit on laadittu tuotteita, palveluita ja järjestelmiä varten, joten ne vaikuttavat kaikkeen ja kaikkialla. (International Organization for Standardization. [www.iso.org](http://www.iso.org) 2017)

Standardeja laaditaan erilaisten standardisoimisliittojen toimesta. Kirjainyhdistelmät standardin yhteydessä kertovat, missä organisaatiossa standardin teksti on vahvistettu. Kansainvälisen standardisoimisjärjestön (International Organization for Standardization) tunnus on kirjainyhdistelmä ISO, kolmen eurooppalaisen standardisoimisjärjestön (European Committee for Standardization, European Committee for Electrotechnical Standardization ja European Telecommunications Standards Institute) käyttämä tunnus on EN ja Suomen Standardisoimisliiton käyttämä tunnus on SFS. (Suomen Standardisoimisliitto 2017.)

## 2.2.3 Standardi SFS-EN 795

Eurooppalaisen standardisoimisjärjestö CEN:n tekninen komitea CEN/TC on luonut standardin EN 795 (*Protection against falls from height including working belts*), joka määrittelee rakenteesta irroitettavissa olevan ja yhdelle käyttäjälle tarkoitetun ankkurointipisteen suojauskykyä koskevat vaatimukset, sekä niihin liittyvät testausmenetelmät. Suomen standardisoimisliitto on vuonna 2012 vahvistanut tuon standardin, joten suomessa se on saanut lisämerkinnän SFS. (SFS Kauppa. [www.sales.sfs.fi](http://www.sales.sfs.fi) 2017)

Tämän tutkimuksen aikana tuotettava tuote pyritään valmistamaan ja testaamaan standardin SFS-EN-795 ohjaamana. Tuote on rakenteesta irroitettavissa oleva yhdelle käyttäjälle tarkoitettu ankkurointipiste. Osa tuotteen valmistusta ohjaavista laatutavoitekriteereistä on johdettu kyseisestä standardista SFS-EN-795.

#### 2.2.4 CE-merkintä

Kirjainyhdistelmä CE tulee ranskan kielen sanoista Conformité Européenne ja suomeksi se tarkoittaa eurooppalaista vaatimustenmukaisuutta. CE-merkinnällä valmistaja ilmoittaa, että tuote täyttää Euroopan Unionin sille asettamat turvallisuus-, terveys-, ja ympäristövaatimukset. CE-merkintää saa käyttää vain sellaisiin tuoteryhmiin, joissa merkintää edellytetään. (Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi) 2017.) CE-merkintä vaaditaan moniin tuotteisiin ennen kuin kyseisiä tuotteita saa myydä ETA-maissa, joihin kuuluvat EU-maat, Norja, Islanti ja Liechtenstein. (Sinun Eurooppasi. [www.europa.eu](http://www.europa.eu) 2017) CE-merkintä ei ole yleispätevä turvallisuusmerkintä. CE-merkintään vaaditut standardit takaavat vain osan tuotteen ominaisuuksista kuten mekaanisen- tai rakenteellisen kestävyys, mutta eivät esimerkiksi takaa tuotteelle turvallisia käyttöominaisuuksia. (Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi) 2017.)

Joidenkin tuoteryhmien tuotteet täytyy tarkastuttaa kolmannella, puolueettomalla, osapuolella CE-merkinnän saamiseksi. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi henkilönsuojaimet kuten kypärät, hengityssuojaimet ja putoamissuojaimet. Testilaboratoriossa suoritettavassa tarkastuksessa testataan tuotteelle tarkoitettujen standardien vaatimustenmukaisuus tuotteen rakenteen ja toimivuuden osalta. (Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi) 2017.) CE-merkinnän yhteydessä tuotteelle laaditaan myös tekninen asiakirja, joka osoittaa tuotteen täyttävän kaikki standardeissa mainitut vaatimukset. (Sinun Eurooppasi. [www.europa.eu](http://www.europa.eu) 2017) Tässä Pro gradu –tutkielmassa tuotetun laatutavoiteteoreeman mukainen tuote pyritään valmistamaan standardin SFS-EN-795 mukaisesti, jotta tuote täyttäisi CE-merkintään vaadittavat kriteerit.

## 2.3 Henkilökohtainen putoamissuojainjärjestelmä

Henkilökohtaisella putoamissuojainjärjestelmällä (Personal fall arrest system, PFAS) tarkoitetaan järjestelmää, jolla pyritään suojaamaan työntekijää putoamiselta tai pysäyttämään työntekijän putoaminen, jos sellainen tapahtuu. Henkilökohtainen putoamissuojainjärjestelmä koostuu kolmesta osasta, jotka ovat anchorage eli ankkurointipiste, body support eli turvaaljaat ja mahdolliset lisävarusteet ja connections eli turvaköysi ja mahdolliset lisävarusteet. (United States Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) 2016.) Suomessa kaikki henkilökohtaiseen putoamissuojainjärjestelmään liittyvät tuotteet täytyy olla CE-merkittyjä. (Kattoliitto ry, [www.kattoliitto.fi](http://www.kattoliitto.fi) 2012) Eurooppalaisessa standardissa SFS-EN-363 esitellään vaatimukset putoamissuojainjärjestelmän yleisille ominaisuuksille ja järjestelmän kokoamiselle. (Suomen Standardoimisliitto ry, [www.sales.sfs.fi](http://www.sales.sfs.fi) 2017)

### 2.3.1 Ankkurointipiste (Anchorage)

Ankkurointipiste on pysyvästi rakenteeseen kiinnitetty kiinnittäytymispiste, tai rakenteesta irroitettavissa oleva kiinnittäytymispiste, johon putoamissuojainten käyttäjä kiinnittää turvaköyden. Ankkurointipiste voi koostua yhdestä tai useammasta elementistä. Rakenteesta irroitettavissa olevaa ankkurointipistettä asennettaessa tulee varmistua sen rakenteen riittävästä lujuudesta, johon ankkurointipiste asennetaan. Ankkurointipiste on turvallinen vasta, kun se on kiinnitetty oikeaoppisesti tarpeeksi kestäväan rakenteeseen. (United States Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) 2016.)

Suomessa rakenteesta irroitettavissa olevien ankkurointipisteiden valmistusta ja testausta ohjaa standardi SFS-EN-795. Rakenteesta irroitettavissa olevat ankkurointipisteet jaetaan kiinnitys- ja rakenneominaisuuksien, sekä käyttökohteiden mukaan viiteen eri tyyppiluokkaan. (Suomen standardisoimisliitto Ry, [www.sales.sfs.fi](http://www.sales.sfs.fi)) Yhdysvalloissa ankkurointijärjestelmien valmistusta ja testausta ohjaa standardi CFR-29 1910.140 (United States Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) 2016)

### 2.3.2 Turvavaljaat (Body support)

Turvavaljaat ovat olka- ja jalkahihnojen, D-lenkkien, solkien ja kiinnittimien muodostava säädettävä kokonaisuus, joiden kautta käyttäjä liittyy henkilökohtaiseen putoamissuojainjärjestelmään. Turvavaljaita valmistetaan erikokoisille käyttäjille, eri sukupuolille ja eri käyttötarkoituksiin, sekä olosuhteisiin. Turvavaljaiden valinta on tehtävä huolella käyttäjän ja käyttökohteen mukaan, sillä turvavaljaat ovat turvalliset silloin, kun ne ovat käyttäjälle oikean kokoiset, oikealla tavalla säädetyt ja käyttökohteen mukaan valitut. (United States Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) 2016.) Suomessa turvavaljaiden valmistusta ja testausta ohjaavat standardit SFS-EN-361 ja SFS-EN-362.

### 2.3.3 Turvaköysi (Connectors)

Henkilökohtaisessa putoamissuojainjärjestelmässä ankkurointipisteen ja turvavaljaiden välissä on turvaköysi, sekä mahdolliset lisävarusteet, jotka liittävät turvavaljaissa olevan henkilön ankkurointipisteeseen. Mahdollisia lisävarusteita ovat erilaiset nykyksenvaimentimet, sekä varsinaista kiinnitysköyttä lyhyemmät, eri käyttötarkoituksiin soveltuvat liitosköydet. (United States Occupational Safety and Health Administration, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) 2016.) Standardit SFS-EN-354, SFS-EN-358, SFS-EN-355 ja SFS-EN-362 ohjaavat Euroopassa ja Suomessa turvaköysien ja niihin liittyvien lisävarusteiden valmistusta ja testausta. (Suomen standardoimisliitto ry. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi) 2012)

## 2.4 Laatutavoiteprofiilin muodostaminen

Tässä luvussa muodostetaan tuotteelle laatutavoiteprofiili. Profiilin muodostaminen alkaa tuotteen olemassaolon vähimmäisehtojen, eli eksistenssiehtojen määrittelyllä. Eksistenssiehdoista johdetaan laatutavoitekriteerit, joille asetetaan toteutumiseen vaadittavat tavoitearvot, eli dimensiot. Lopuksi kaikki laatutavoitteet listataan yhteen luvussa 2.4.3 Tutkimuksen laatutavoiteprofiili.

## 2.4.1 Eksistenssiehdot

Eksistenssiehdot ovat tuotteen olemassaolon vähimmäisehtoja. Kyseessä on siis tuotteen sellaiset ominaisuudet, joita ilman tuotetta ei olisi olemassa, tai tuotetta ei tunnistaisi kyseiseksi tuotteeksi. (Metsärinne & Kallio 2011, 48.)

Eksistenssiehtoja voidaan määritellä useista eri näkökulmista ja ne ovat vuorovaikutuksessa keskenään. (Metsärinne & Kallio 2011, 83) Tämän tutkimuksen aietuotteen eksistenssiehdot määritellään käyttäjäperustan, rakenneperustan, käyttökohteen perustan, kehityskerustan ja turvallisuusperustan näkökulmista.

Tässä tutkimuksessa tuotettavan **ankkurointipisteen tulee mahdollistaa yhden henkilön turvallinen työskenteleminen konesaumatuella peltikatolla**. Tämä eksistenssiehto on yksi tässä tutkimuksessa tuotettavan ankkurointipisteen tärkeimmistä olemassaolon ehdoista.

**Käyttäjäperustaiset eksistenssiehdot** ovat tuotteen käytettävyyden kannalta keskeiset ominaisuudet. **Ankkurointipisteen tulee olla yhden henkilön liikuteltavissa, käytettävissä, sekä asennettavissa ja irroitettavissa**. Nämä peräkkäiset toiminnot toistuvat usein konesaumakatuella työskennellessä.

**Rakenneperustaiset eksistenssiehdot** ovat puolestaan tuotteen muotoon ja kestävyteen liittyviä ominaisuuksia. Ankkurointipisteen osien täytyy muodostaa toimiva kokonaisuus, ankkurointipiste, johon **pystyy kiinnittämään turvavaljaat köyden välityksellä ja jonka pystyy toistuvasti, sekä ilman erillisiä työkaluja irrottamaan ja uudelleen kiinnittämään konesaumakattoon**.

**Käyttökohdeperustaiset eksistenssiehdot** kuvaavat tuotteen välinearvoa. Tässä tutkimuksessa tuotettava **ankkurointipiste voidaan kiinnittää ainoastaan konesaumakattoon** ja se tuo uutta välinearvoa konesaumatuella katolla työskentelyyn. Aikaisemmin ankkurointipisteen virkaa on voinut toimittaa esimerkiksi savupiippu, jonka välinearvo ankkurointipisteenä heikkenee uuden, liikuteltavan ankkurointipisteen käyttämisen myötä.

**Kehityskerustaiset eksistenssiehdot** kuvaavat tuotteen kehitysprosessin lähtökohtia ja kytkentää muihin jo olemassa oleviin tuotteisiin. Tässä

tapauksessa jo olemassa olevia tuotteita ovat kaikki konesaumakattoon kiinnitettävät tuotteet, kuten **kattoturvatuotteet, sekä erilaiset kiinnitysmekanismit**. Tässä tutkimuksessa tuotettava ankkurointipiste kehitellään aikaisemmin tuotettujen tuotteiden lähtökohdista uudenaikaiseksi, tehokkaammaksi ja työturvallisuutta lisääväksi ankkurointipisteeksi.

Ankkurointipisteen **turvallisuusperustaiset eksistenssiehdot** kuvaavat tuotteeseen liittyviä riskejä sen käyttökohteessa, konesaumatulla peltikatolla. Ankkurointipistettä käytetään katolla työskenneltäessä, jossa on jatkuva putoamisen riski. Oikein käytettynä ankkurointipiste **lisää turvallisuutta käyttökohteessa vähentämättä työn tehokkuutta**.

#### 2.4.2 Dimensioidut laatutavoitekriteerit

Laatutavoitteet ovat eksistenssiehdoista johdettavia tavoitteita, jotka asetetaan tuotteen suunnittelulle. Laatutavoitteiden asettamisen jälkeen tavoitteet dimensioidaan eli asetetaan tavoitearvot, jotka toimivat vähimmäisarvoina tavoiteltujen ominaisuuksien toteutumiselle. Kaikki dimensioidut laatutavoitteet muodostavat yhdessä tuotteen laatutavoiteprofiilin. (Metsärinne & Kallio 2011, 50–51.) Tässä tutkimuksessa laatutavoitteet jaetaan tuotteen käyttäjä-, rakenne-, käyttökohde-, kehitys- sekä turvallisuusperustaan liittyviin laatutavoitteisiin.

##### 1 Tuotteen käyttäjäperustaiset laatutavoitteet

**Nopea asennettavuus ja irrotettavuus.** Nopealla asennettavuudella tarkoitetaan alle 60 sekunnin asennusaikaa. Asennus alkaa, kun käyttäjä on kuljettanut tuotteen katolle ja on valmiina asentamaan sen. Asennus päättyy, kun ankkurointipiste on asetettu paikalleen, lukittu konesaumaan ja on valmis kiinnittäytymistä varten. Irrottaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä kuin asentaminen. Nopeaan irrottamiseen kuluu enintään sama aika, kuin nopeaan asennukseen.

**Liikuteltavissa yhden henkilön voimin.** Yhden henkilön voimin liikuteltavuuteen vaikuttavat tuotteen fyysinen koko, paino ja muoto. Tuotetta suunniteltaessa pyritään ottamaan huomioon nämä ominaisuudet mahdollisimman helpon liikuteltavuuden saavuttamiseksi. Ankkurointipiste

koostuu yhdestä elementistä, joten standardin SFS-EN-795 mukaan sen paino voi olla enintään 25kg, jotta se on yhden henkilön voimin liikuteltavissa.

**Helppokäyttöisyys.** Tuotteesta pyritään suunnittelemaan käytettävyydeltään yksinkertainen ja selkeä, jotta tuotteen toimintaperiaate olisi helposti ymmärrettävissä ja käyttäjä pystyisi työskentelemään turvallisesti tuotteen avulla.

## **2 Tuotteen rakenteeseen liittyvät laatutavoitteet**

**Kiinnityskohta turvaköydelle.** Ankkurointipisteen tarkoitus on ankkuroida turvalajaita käyttävä henkilö turvaköyden välityksellä rakenteeseen, joten ankkurointipisteessä täytyy olla kiinnityskohta turvaköydelle.

**Standardin SFS-EN-795 mukaisuus.** Tuotteen rakenteen tulee täyttää standardin asettamat seuraavat vaatimukset. Ankkurointipisteen tulee pysyä kiinnitysalustassa kolme (3) minuuttia 12 kN staattisen voiman aiheuttamassa kuormituksessa. Voiman kohdistamisen aikana, ankkurointipisteen osiin ei saa tulla pysyviä, yli 10mm muodonmuutoksia. Ankkurointipisteessä olevan kiinnittäytymislenkin tulee kääntyä vapaasti turvaköyden mukana, jotta ankkurointipisteeseen kohdistuva voima jakautuisi mahdollisimman tasaisesti. Ankkurointipisteen täytyy olla korroosion kestävä ja siinä ei saa olla käyttäjää tai putoamissuojainjärjestelmää vahingoittavia teräviä kulmia tai purseita. Ankkurointipisteen kiinnitysmekanismi tulee suunnitella siten, että sen asentaminen ja irrottaminen onnistuvat ainoastaan kahden erillisen, peräkkäisen ja tarkoituksella tehdyn manuaalisen liikkeen jälkeen. Ankkurointipisteen standardin mukaisia laatutavoitteita merkitään tässä tutkimuksessa tähdellä (\*).

**Neljä kontaktipistettä kattoon kiinnittäessä.** Ankkurointipiste suunnitellaan neljällä kontaktipisteellä kahteen vierekkäiseen konesaumaan kiinnittyväksi yhdeksi elementiksi. Neljällä kontaktipisteellä pyritään mahdollisimman tukevaan kiinnittymiseen sekä sivuttaissuuntaisten voimien hallintaan.

## **3 Tuotteen käyttökohteeseen liittyvät laatutavoitteet**

**Säädettävyys erilaisten konesaumojen leveyksille.** Konesaumakattojen saumojen väliset etäisyydet voivat vaihdella, joten ankkurointipisteen

kiinnityskohtien välistä etäisyyttä tulee pystyä säätämään, jotta asentaminen eri leveyksille onnistuu.

**Standardin SFS-EN-795 mukaisuus.** Koska ankkurointipiste on liikuteltava ja uudelleen asennettavissa, standardin mukaan ankkurointipiste täytyy olla irroitettavissa rakenteesta ja kiinnitettävissä rakenteeseen ilman rakenteen tai ankkurointipisteen vaurioitumista.

#### **4 Tuotteen kehitysperustaan liittyvät laatutavoitteet**

**Asennus ilman erillisiä työkaluja.** Ankkurointipiste suunnitellaan yhdeksi elementiksi, joka itsessään sisältää kaiken kiinnittämiseen vaadittavan. Näin erillisiä kiinnitystyökaluja ei tarvita ja ankkurointipisteen käyttäminen nopeutuu ja yksinkertaistuu. Tämä laatutavoite yhdessä nopean asennettavuuden ja helppokäyttöisyyden laatutavoitteiden kanssa pyrkii lisäämään putoamissuojainjärjestelmän käyttöastetta ja parantunut käyttöaste parantaa edelleen työturvallisuutta.

#### **5 Tuotteen turvallisuusperustaan liittyvät laatutavoitteet**

**Kuluvien osien vaihdettavuus.** Kuluneet osat heikentävät tuotteen kestävyyttä ja voivat muodostua näin turvallisuusriskiksi. Mahdollisuus vaihtaa kuluneet osat uusiin ylläpitää tuotteen turvallisuutta ja pidentää tuotteen käyttöikää.

**Tuotteen oikeanlainen asennustapa on helposti havaittavissa ja tuote on helppo asentaa oikein.** Tuotteen oikeanlainen asennustapa tulee olla selvästi havaittavissa, jotta välttyttäisiin tuotteen vääränlaiselta asentamiselta ja sen käyttämiseltä väärin asennettuna. Väärin asennetun tuotteen käyttäminen on turvallisuusriski.



### 2.4.3 Tutkimuksen laatutavoiteprofiili

- Ankkurointipisteen asennusaika 60 s
- Ankkurointipisteen irrotusaika 60 s
- Ankkurointipiste on liikuteltavissa yhden henkilön voimin
- Ankkurointipiste on helppokäyttöinen
- Ankkurointipisteessä on kiinnityskohta turvaköydelle
- Kiinnittäytymislenkin vapaa kääntyvyys köyden mukana\*
- Ankkurointipisteen pintakäsittely on korroosiolta suojaava\*
- Ankkurointipisteen paino voi olla maksimissaan 25kg\*
- Ankkurointipisteen rakenteessa ei ole käyttäjää tai tuotetta vahingoittavia teräviä kulmia\*
- Ankkurointipisteen asentaminen tai irrottaminen ei aiheuta vaurioita ankkurointipisteeseen tai asennusalustaan\*
- Kuormituksen kestävyys jokaiseen suuntaan minimissään 12Kn\*
- Pysyvät muodonmuutokset rakenteessa kuormituksen jälkeen maksimissaan 10mm\*
- Kiinnitysmekanismin avaamiseen tarvitaan kaksi erillistä, manuaalista ja tarkoituksella tehtyä mekaanista liikettä\*
- Ankkurointipiste kiinnittyy kattoon neljällä kontaktipisteellä
- Säädettyvyys erilaisten konesaumojen leveyksille
- Asentaminen ilman erillisiä työkaluja
- Ankkurointipisteen kuluvat osat ovat vaihdettavissa
- Ankkurointipiste on helppo asentaa oikein

## 2.5 Laatutavoiteteoreeman testaamisen suunnittelu

Laatutavoitteiden toteutumista arvioidaan tuotteen ominaisuuksia mittaamalla. Tuotteen laatutavoitteiden toteutumisen arvioimiseksi, tuotteen mitattavat ominaisuudet on jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa mitataan tuotteen ne ominaisuudet, joiden luotettavuus ja paikkansapitävyys eivät ole riippuvaisia ominaisuuksien mittaajasta. Esimerkiksi tuotteen paino ei ole punnitsijasta riippuvainen. Tutkielman tekijät mittaavat ensin ne ominaisuudet, joiden mittaamiseen ei tarvitse testipenkkiä. Tämän jälkeen tutkielman tekijät siirtyvät mittaamaan testipenkissä mitattavia ominaisuuksia, jotka ovat kuormituksen kestävyys ja pysyvät muodonmuutokset rakenteessa. Testipenkki valmistetaan standardin SFS-EN-795 mukaista staattisen voiman rasiustestiä varten.

Ensimmäisessä osassa mitattavat ominaisuudet

- Ankkurointipisteen paino maksimissaan 25kg
- Ankkurointipiste kiinnittyy kattoon neljällä kontaktipisteellä
- Kahden manuaalisen liikkeen takainen lukitusmekanismi
- Ankkurointipisteen rakenteessa ei ole käyttäjää tai tuotetta vahingoittavia teräviä kulmia
- Asentaminen ilman erillisiä työkaluja
- Ankkurointipisteessä on kiinnityskohta turvaköydelle
- Säädettyvyys erilaisten konesaumojen leveyksille
- Kuormituksen kestävyys jokaiseen suuntaan minimissään 12Kn
- Pysyvät muodonmuutokset rakenteessa kuormituksen jälkeen maksimissaan 10mm
- Ankkurointipisteen asentaminen tai irrottaminen ei aiheuta vaurioita ankkurointipisteeseen tai asennusalustaan\*

Toisessa osassa mitataan tuotteen ne ominaisuudet, joita tutkielman tekijät eivät voi itse mitata. Jotta tulokset olisivat luotettavia, tutkielman tekijät suunnittelevat testiradan, jolla kerätään käyttäjätietoa tuotteesta tutkimuksen ulkopuolisten koehenkilöiden avulla. Koska testissä on huomioitava, että tuotteen ominaisuuksien mittausolosuhteet ovat samanlaiset kuin aietuotteen käyttökohteita määriteltäessä ajatellut käyttöolosuhteet (Metsärinne & Kallio 2011, 64), toteutetaan testirata tuotteen todellisessa käyttöympäristössä omakotitalon konesaumautulla peltikatolla. Testiradan koehenkilöiksi valikoidaan henkilöitä, joilla on kokemusta turvavaljaiden käyttämisestä ja katolla työskentelystä. Koehenkilöt kutsutaan testitilanteeseen yksitellen, jotta he eivät näe toistensa suorituksia ja testiradan jälkeinen haastattelu pystytään toteuttamaan rauhassa. Ennen kuin koehenkilö aloittaa toiminnan testiradalla, tutkielman tekijät selittävät tuotteen toiminnan koehenkilölle onnettomuuksien välttämiseksi ja toimintaperiaatteen ymmärtämiseksi, sekä lukevat koehenkilölle liitteen ”Ankkurointipisteen toimintaperiaate sekä toiminta testiradan aikana”.

Toisessa osassa mitattavat ominaisuudet

- Asennusaika
- Irrotusaika
- Liikuteltavuus yhden henkilön voimin
- Ankkurointipisteen helppokäyttöisyys
- Kiinnittäytymislenkin vapaa kääntyvyys köyden mukana
- Korroosion kesto (pintakäsittely)
- Ankkurointipisteen kuluvat osat ovat vaihdettavissa
- Ankkurointipiste on helppo asentaa oikein

Testiradan avulla on tarkoitus kerätä käyttäjätietoa tuotteesta. Käyttäjätieto on tietoa, jonka avulla voidaan luoda miellyttävä ja hyödyllinen tuote sen tosiasiallisille käyttäjille. (Hyysalo 2009, 18) Tässä tutkimuksessa käyttäjätieto kerätään teemahaastattelulla ja havainnoinnilla. Teemahaastattelussa korostuvat ihmisten tulkinnat joistain asioista, sekä asioille annetut merkitykset. Teemahaastattelulla pyritään saamaan tutkimuksen tarkoituksen, ongelmanasettelun, sekä tutkimustehtävän mukaisia merkityksellisiä vastauksia. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 88)

Tässä tutkimuksessa käytetään nelivaiheista puolistrukturoitua teemahaastattelumenetelmää, joka pohjautuu Mertonin, Fiskin ja Kendallin (1956) julkaisemaan teokseen *The Focused Interview*. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat kaikille vastaajille samat, mutta haastateltavat voivat vastata kysymyksiin omin sanoin. (Aaltola & Valli 2010, 28) Ensimmäisessä vaiheessa oletetaan, että kaikilla haastateltavilla on jokin tietty yhteinen kokemus. Tässä tutkimuksessa jokaisella teemahaastatteluun osallistuvalla tulee olemaan takanaan yhteinen kokemus ankkurointipisteen käytettävyydestä. Toisessa vaiheessa tutkijat ovat alustavasti perehtyneet tutkittavaan ilmiöön, joka tässä tapauksessa käsittää tämän tutkimuksen aikaisen perehtymisen ankkurointipisteen suunnitteluun, valmistamiseen ja testaamiseen. Kolmannessa vaiheessa tutkijat laativat ilmiöön perehtymisen pohjalta haastattelurungon. Neljännessä vaiheessa tutkijat suuntaavat haastattelun henkilöiden subjektiivisiin kokemuksiin tilanteesta. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 47.) Tässä tapauksessa haastattelulla pyritään keräämään käyttäjätietoa, jonka avulla voidaan arvioida tuotteen tiettyjen laatutavoitteiden toteutumista. tutkielman tekijät nauhoittavat koehenkilöiden haastattelut aineiston myöhemmää analyysiä varten.

Tässä tutkimuksessa aineiston keräämiseen käytetään haastattelun lisäksi havainnointia. Havainnointi sopii sellaiseen tutkimukseen, jossa tutkitaan yksilön toimintaa. Tässä tutkimuksessa tutkielman tekijät käyttävät jäsenneltyä havainnointia. Vilkan (2006) mukaan jäsennelty havainnointi edellyttää havainnoitavan tilanteen läpikäyntiä ennen tutkimusaineiston keräämistä, havainnoitavien asioiden valitsemista etukäteen, sekä tutkimuskohdetta

koskevien taustatietojen tarkkaa selvittämistä. Tutkielman tekijät eivät osallistu toimintaan havainnoitavassa tilanteessa, vaan toimivat ulkopuolisina tarkkailijoina. Tarkkailevassa havainnoinnissa kohteena ovat ainoastaan ennalta määrätyt seikat. (Vilkka 2006, 38–43.) Havainnointiin käytetään etukäteen laadittua lomaketta ja mitataan muun muassa koehenkilöiden tuotteen kiinnittämiseen ja irrottamiseen käyttämää aikaa.

## 2.6 Tutkimusongelma

Tämän tutkimuksen aikana määritellään siirrettävälle ankkurointipisteelle laatutavoitekriteerit ja laaditaan niiden pohjalta laatutavoiteteoreema sekä laatutavoitteiden toteutumista testaava teoria. Laatutavoiteteoreeman ohjaamana tutkielman tekijät suunnittelevat ja valmistavat konkreettisen tuotteen, ankkurointipisteen, ja suorittavat tuotteen kaksivaiheisen testaamisen. Testeistä saatujen tulosten perusteella arvioidaan laatutavoitteiden täyttymistä. Tutkimuksen kahteen alaongelmaan vastataan tutkimuksen laatutavoitteiden toteutumisen perusteella. Vastaamalla tutkimuksen alaongelmiin, saadaan vastaus tutkimuksen pääongelmaan.

**Pääongelma: Todistaako ankkurointipiste sille määritellyn laatutavoiteteoreeman?**

**Alaongelmat:**

**Ensimmäinen alaongelma: Toteutuvatko kaikki ne laatutavoitteet, joiden toteutuminen arvioidaan testipenkissä saatujen tulosten perusteella?**

**Toinen alaongelma: Toteutuvatko kaikki ne laatutavoitteet, joiden toteutuminen arvioidaan testiradalta saatujen tulosten perusteella?**

# 3 TODISTAMISTEOREETTINEN OSA

## 3.1 Tutkimusasetelma

Tässä luvussa esitellään tämän tutkimuksen tutkimusasetelma, johon kuuluvat tutkimustyyppi sekä tutkimuksen lähestymisote. Luku 3.1.1 kertoo tutkimustyyppiä valikoidusta tapaustutkimuksesta ja luku 3.1.2 kertoo tutkimuksen lähestymisotteesta, tutkivasta tuottamisesta.

### 3.1.1 Tutkimustyyppi – tapaustutkimus

Tämän tutkielman tutkimustyyppi on tapaustutkimus, tutkimusmenetelmä on tutkiva tuottaminen ja tutkimusote on kvalitatiivinen. Tapaustutkimusta pidetään yleisenä terminä yksittäistä ryhmää, ilmiötä tai tapausta koskevalle tutkimukselle. Tapaustutkimus on pääsääntöisesti laadullista, eli kvalitatiivista tutkimusta. Pro gradu -tutkielmamme on kuvaus yksittäisen tuotteen suunnittelu-, valmistus- ja arviointiprosessista. Tapaustutkimukselle keskeisiä piirteitä ovat aineiston koonti luonnollisissa tilanteissa, sekä ihmisläheiset koontimenetelmät, kuten haastattelu ja observointi. Tapaustutkimukset etenevät joustavasti ja muotoutuvat jatkuvasti. (Soininen & Merisuo-Storm, 2009, 97–98.) Tapaustutkimuksessa halutaan yleistämisen sijaan optimoida kyseisen tapauksen ymmärtäminen. (Stake, 2000) Yleensä tapaustutkimus valitaan menetelmäksi, kun tarkoituksena on tutkimuskohteen syvälinen ymmärtäminen ja kohteeseen liittyvän kontekstin huomioiminen. (Saarinen-Kauppinen & Puusniekka, 2006)

Tämän tutkimuksen lähestymistapa on kvalitatiivinen, koska aineistonkeruu- ja analysointimenetelmät ovat luonteeltaan laadullisia. Kvalitatiivisessa lähestymistavassa tapauksen tulkinta ja ymmärtäminen ovat keskeisellä sijalla. (Soininen & Merisuo-Storm, 2009, 37)

### 3.1.2 Tutkiva tuottaminen

Tutkiva tuottaminen voidaan nähdä lähestymisotteena, joka on rinnastettavissa tutkimusotteisiin, kuten toiminta- ja tapaustutkimus. (Metsärinne & Kallio 2011, 7)

Tutkiva tuottaminen on tieteelliseen tietoon perustuva tuotteen suunnittelu-, valmistus- ja arviointiprosessi. Tutkivan tuottamisen prosessi jaetaan määrittelyteoreettiseen, todistamisteoreettiseen ja luotettavuusteoreettiseen osaan. Nämä kolme osaa jakautuvat edelleen seitsemän vaiheen teoriaketjuun. (Metsärinne & Kallio 2011)

Määrittelyteoreettinen osa alkaa tuottamishankkeen hahmottelulla. Seuraavaksi määritellään laadunparannusehdot, eli luodaan laatutavoiteteoreema. Laatutavoiteteoreema koostuu tuotteen olemassaolon ehdoista eli eksistenssiehdoista ja tuotteen laatutavoitekriteereistä ja dimensioista. Määrittelyteoreettisen osan kolmannessa vaiheessa määritellään laatutavoiteteoreeman testaaminen. Todistamisteoreettinen osa alkaa tuotteen suunnittelulla ja sen valmistamisen suunnitelman eli valmistusteoreeman luomisella. Seuraavaksi suunnitelma ja valmistusteoreema testataan valmistamalla tuote. Todistamisteoreettisen osan viimeisessä vaiheessa tuote sijoitetaan käyttökohteeseen ja arvioidaan sen laatutavoitekriteerien toteutumista. Luotettavuusteoreettisessa osassa arvioidaan ovatko, tutkimustulokset, teoriaketjun rakentaminen ja niihin perustuvat tulokset luotettavia. Määrittelyteoreettisen osan aikana kartoitetut tiedot ja kartoittavat tutkimukset, sekä todistamisteoreettisen osan vaiheessa käytetyt tiedonhankinta- ja analyysimenetelmät, ovat luotettavuuden arvioinnin kohteena. (Metsärinne & Kallio 2011, 35.)

### 3.2 Tuotesuunnittelun teorioita

Tässä luvussa käydään yleisesti läpi tuotesuunnittelua ja tuotekehitystä yleisesti. Luvussa esitellään kaksi erilaista, yleisesti käytettyä tuotesuunnittelumallia ja yksi tekniseen ongelmanratkaisuun kehitetty menetelmä. Nämä kolme teoriaa liitetään myöhemmin tämän tutkimuksen tuotekehityksen suunnittelu- ja valmistusprosessin kulkuun luvussa 3.3 Ankkurointipisteen suunnittelu- ja valmistusvaiheet.

### 3.2.1 Tuotekehitys yleisesti

Jokinen (2001) määrittelee tuotekehityksen tavoitteelliseksi toiminnaksi, jonka päämääränä on kehittää uusi tai parannettu tuote. Rissanen (2002) näkee tuotekehityksen määrätietoisena toimintana uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämiseksi. Tuotekehittelyä voi olla myös jo olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden oleellinen parantaminen. Huang & Gu (2006) kertovat tuotekehitysprosessin koostuvan kahdesta selkeästä osa-alueesta: tuotteesta ja prosessista. He painottavat molempien osa-alueiden huolellista suunnittelua ja mallintamista, jotta tuotekehitysprosessi voidaan saattaa onnistuneesti loppuun. Cagan ja Vogel (2003) jakavat tuotekehitysprosessin kolmeen pääosaan, tuotteen suunnitteluun, tuotekehitysohjelman hyväksymiseen ja tuotteen lanseeraukseen.

### 3.2.2 Zeiselin spiraalimalli

Zeiselin spiraalimallia käytetään havainnollistamaan kuinka suunnittelun eri vaiheet sulautuvat yhteen. Spiraalimalli kuvaa suunnittelun luonnetta kolmivaiheisesti: 1) suunnitellessa siirytään usein vaiheissa taaksepäin kauemmaksi lopullisesta ratkaisusta 2) suunnitellessa voidaan toistaa samoja vaiheita uudelleen ja uudelleen 3) Suunnittelun aikana esiintyvät taaksepäin siirtymiset tukevat yhdessä suunnittelun suuntautumista kohti yhtä ratkaisua tai tavoitetta. Aikaisemmin tehtyjen päätösten uudelleen pohtiminen ja muuttaminen on tärkeä osa suunnitteluprosessia. (Zeisel, 2006, 29–30.)

### 3.2.3 Cooperin Stage-Gate malli

Stage-Gate malli on viidestä vaiheesta koostuva Robert G. Cooperin kehittämä malli uuden tuotteen kehittämiseksi ideasta lanseerattuun tuotteeseen. Tavoitteena on kasvattaa uusien tuotteiden onnistumisastetta ja tehostaa tuotekehitysprosessia. Stage-Gate mallin avulla pyritään myös tunnistamaan kannattamattomat projektit jo alkuvaiheessa resurssien säästämiseksi. Stage-Gate tyyppinen lähestymistapa jakaa tuotekehitysprosessin eri tasoihin vaiheisiin (Stage) jotka koostuvat suunnitelluista työvaiheista ja toimenpiteistä. Jokaista vaihetta edeltää portti (Gate), jossa pohditaan täytyvätkö tuotteelle asetetut



kriteerit ja voidaanko seuraavaan vaiheeseen siirtyä. Portin jälkeen tehdään päätös seuraavaan vaiheeseen siirtymisestä, projektin lopettamisesta kokonaan, pysäyttämisestä nykyiseen vaiheeseen tai keskeneräisen projektin hyödyntämisestä jossain toisessa projektissa. (Cooper 2006, [www.stage-gate.com](http://www.stage-gate.com).)

### 3.2.4 TRIZ-ongelmanratkaisumenetelmä

TRIZ (venäjäksi *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach* ja englanniksi *Theory of solving inventive problems*) on metodi, joka on kehitetty ensisijaisesti asiantuntijoille teknisten ongelmien luovaan ratkaisuun. TRIZin kehittäjä on neuvostoliittolainen Genrich S. Altshuller, joka tutki hyvien ideoiden ja innovaatioiden yhtäläisyyksiä, sekä eroavaisuuksia hyvien ja huonojen teknisten ratkaisujen välillä. (Rantanen 2002, 10-11.)

TRIZ-ongelmanratkaisumenetelmässä oletetaan, että jokainen vastaan tuleva ongelma, on jo aiemmin ratkaistu yleisellä tasolla. TRIZ-menetelmää käytettäessä tapauskohtainen ratkaistava ongelma viedään yleiselle tasolle verrattavaksi samankaltaisiin ongelmiin. Tämän jälkeen ratkaisua ongelmaan haetaan yleisellä tasolla. Kun ratkaisu löytyy yleiseltä tasolta, se muokataan vastaamaan kehittäjän ongelmaan. (Barry, Domb & Slocum 2014, [www.triz-journal.com](http://www.triz-journal.com))

Rantasen (2002) mukaan TRIZ:n keskeisimmät käsitteet ovat ideaaliratkaisu, ristiriita, resurssit, kehityslait sekä listaus 40:stä innovatiivisesta periaatteesta. Näiden menetelmien järjestelmällinen noudattaminen tukee ongelmanratkaisutilanteissa tapahtuvaa ajatteluprosessia. TRIZ-ongelmanratkaisumenetelmää voidaan hyödyntää kaikissa ongelmanratkaisutilanteissa. (Rantanen 2002, 11–12.)

### 3.3 Ankkurointipisteen suunnittelu- ja valmistusvaiheet

Seuraavissa luvuissa 3.3.1-3 on kuvattu ankkurointipisteen ideointi- ja suunnitteluprosessi, sekä ankkurointipisteen suunnittelu ja valmistusvaiheet 1-6. Luvussa 3.3.1 yhdistetään ominaisuuksia aikaisemmin kuvatuista tuotesuunnittelunmalleista ja nämä yhdistetyt ominaisuudet kuvataan tutkimuksen tuotekehitysprosessina kuviossa 1. Luvun 3.3.3 lopussa on 3D-mallinnos valmiista ankkurointipisteestä, sekä luettelo ankkurointipisteen rakenteeseen kuuluvista osista.

#### 3.3.1 Ankkurointipisteen ideointi- ja suunnitteluprosessin kuvaus

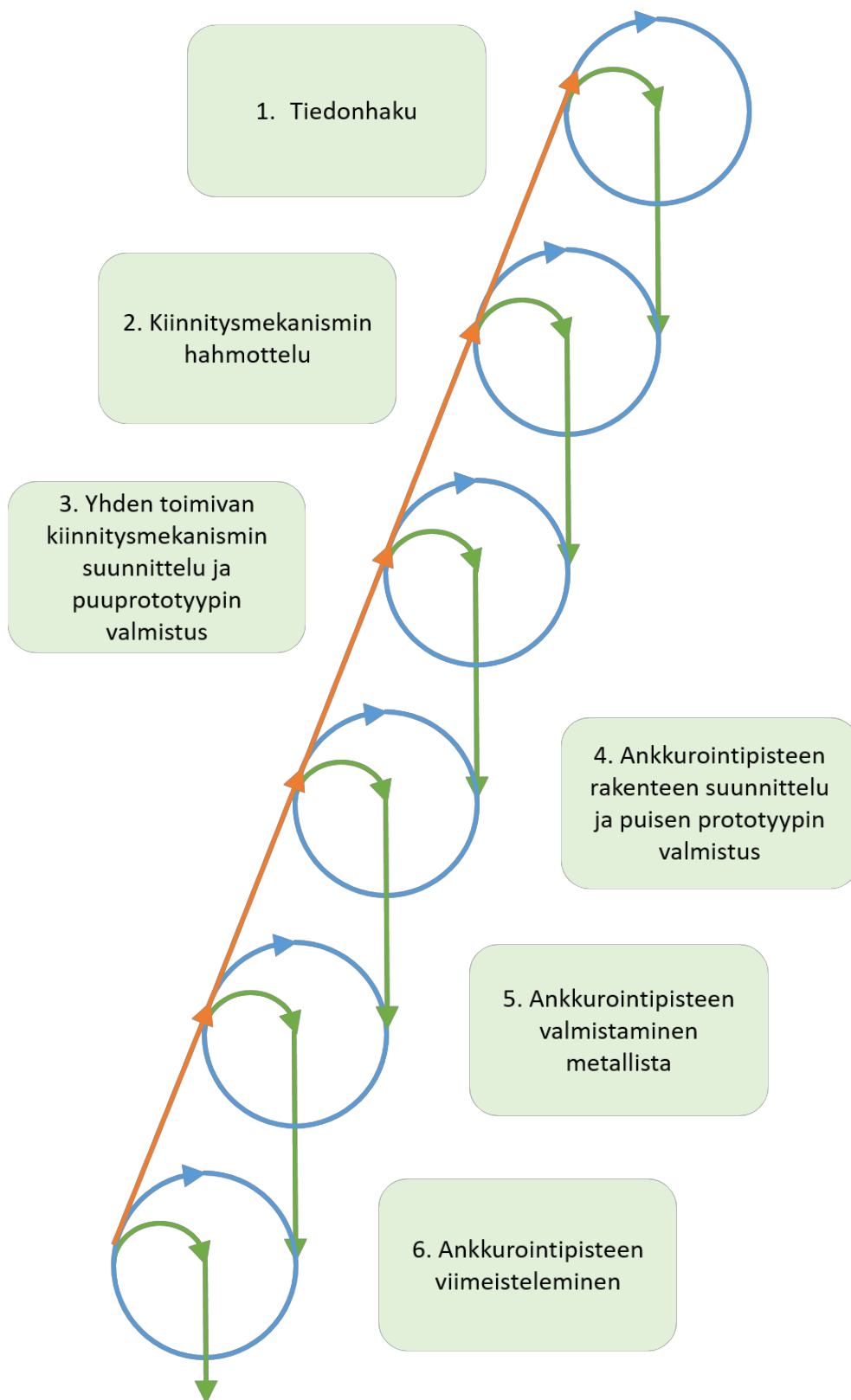
Tämä tutkimus voidaan nähdä innovaatio- ja tuotekehitysprosessina. Koiviston (2011) mukaan innovaatioprosessissa tuotetaan paranneltuja tuotteita tai ratkaisuja, tai kokonaan uusia tuotteita tai ratkaisuja. Innovaatioprosessin alkaessa se ratkaisu, mitä haetaan ei ole ennalta tiedossa, vaan se mahdollisesti kehittyy prosessin aikana. (Koivisto 2011, 23) Tuotemahdollisuus, eli tarve uudelle tuotteelle, on olemassa silloin kun markkinoiden tarjonnassa on aukko, joka voitaisiin täyttää uudella tai kehitellyllä tuotteella. (Cagan & Vogel, 2003, 42)

Suunnitteluprosessit ovat monivaiheisia, spiraalimaisia tai kaksiulotteisen mallin mukaisia tapahtumaketjuja. Ne etenevät harvoin lineaarisesti ja joitain kehitysvaiheita voidaan ohittaa siirtymällä suoraan seuraavaan vaiheeseen, tai prosessissa voidaan palata spiraalimaisesti vaiheissa taaksepäin. (Hyysalo 2009, 55 & Metsärinne & Kallio 2011, 91)

Luvussa 3.2 ”Tuotesuunnittelun teorioita” kuvatut tuotesuunnittelumallit kuvaavat hyvin tämän opinnäytetyön tuotteen ideointi- ja suunnitteluprosessin kulkua. Tuotteen ideointi-, suunnittelu-, ja valmistusprosessi mukailee Cooperin Stage-Gate -mallin mukaista vaiheittaista etenemistä. Prosessin alkuvaiheessa kohtasimme teknisiä ongelmia, joiden ratkaisemiseksi sovelsimme TRIZ ongelmanratkaisumenetelmää. Ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen, arvioimme ovatko kokonaisuus ja suunnittelemamme ratkaisut laatimiemme laatutavoitteiden mukaisia. Siirtymistä edeltävä arviointi voidaan nähdä Cooperin mallin Gate-vaiheena. Projektimme edetessä kohtasimme vaiheita, joissa

huomasimme, etteivät aikaisemmin tekemämme ratkaisut olleet toimivia. Tällöin ainoa vaihtoehto prosessin jatkamiselle oli siirtyminen prosessissa taaksepäin, aikaisempaan kehitysvaiheeseen. Zeiselin spiraalimalli kuvastaa prosessimme aikana tapahtuneita siirtymiä aikaisempiin kehitysvaiheisiin.

Kuviossa 1 on kuvattuna ankkurointipisteen vaiheittainen suunnittelu- ja valmistusprosessin kulku sinisillä, vihreillä ja oransseilla nuolilla. Kuvioon on pyritty hahmottelemaan prosessin kulkua luvussa 3.2 esiteltujen tuotessuunnittelun teorioiden pohjalta. Kuvion vaiheittainen eteneminen kuvaa Cooperin stage-gate mallia. Nuolten osoittamat ympyrän kierrot, prosessin vaiheesta poistuminen ja edelliseen vaiheeseen palaaminen kuvaavat Zeiselin spiraalimallia. Siniset nuolet kuvaavat yhtä Cooperin mallin Stage-vaihetta ja sen sisäistä ongelmanratkaisuprosessia. Vihreät nuolet kuvaavat Cooperin mallin Gate-vaihetta, eli päätöstä siirtyä prosessin seuraavaan vaiheeseen. Oranssit nuolet kuvaavat prosessin aikana tapahtuneita palaamisia aikaisempiin Stage-vaiheisiin.



Kuvio 1 Suunnittelu- ja valmistusprosessin vaiheet 1-6

### 3.3.2 Ankkurointipisteen suunnitteluvaiheet 1-4

#### 1. Tiedon haku

Ankkurointipisteen suunnittelun ensimmäinen vaihe sisälsi tiedonhakua jo olemassa olevista ankkurointipisteistä, putoamissuojaimista sekä niitä koskevista lainsäädännöistä. Tätä tietoa esittelemme luvuissa 2.2 ja 2.3. Lisäksi perehdyimme putoamissuojaimiin ja niiden käyttöön liittyvään tutkimuskirjallisuuteen, jota on esitelty luvussa 2.1.

#### 2. Kiinnitysmekanismin hahmottelu

Toisessa suunnitteluvaiheessa keskityimme etsimään kiinnitysratkaisua, joka täyttäisi laatutavoiteteoreeman asettamat vaatimukset mahdollisimman hyvin. Tähän liittyen etsimme tietoa erilaisista kiinnitysratkaisuista ja mekanismeista. Suuri haaste oli löytää kiinnitysmekanismi, jonka käyttäminen olisi nopeaa ja se tuottaisi turvalliseen kiinnittymiseen tarvittavan voiman. Pohdimme kiinnitysmekanismin toteuttamista siten, että ankkurointipisteen kiinnittämiseen tarvittava voima kohdistuisi vetona kahden vierekkäisen konesauman välille. Ongelmana tässä mekanismissa olisi saumojen taipuminen toisiaan kohti kiristettäessä. Tällöin kattorakenne voisi vaurioitua ja ankkurointipisteen turvallisesta kiinnityksestä ei olisi varmuutta. Ongelmaksi tässä rakenteessa muodostui myös ankkurointipisteen raakasäädön toteuttaminen eri levyisille konesaumoilte.

Ensimmäisen idean hylkäämisen jälkeen jatkoimme erilaisten kiinnitysmekanismien hyvien ja huonojen ominaisuuksien läpikäymistä sekä arviointia niiden soveltuvuudesta käyttötarkoitukseen. Etsimme ideaa erilaisista ruuvi-, pika-, jigi- ja epäkeskopuristimista, lukkopihdeistä, vanttiruuveista ja kuormakiristimistä. Pohdimme voiman tuottavan liikkeen asettamista peltikaton konesauman suuntaisesti, jolloin välttyisimme saumojen taipumiselta. Tämä idea sai alkunsa teräsvaijeriin tarttumiseen tarkoitetun vetosammakon ominaisuuksia tutkimalla. Tartuntaan tarvittava voima tuotetaan vipuvarrella, epäkeskolla ja vaijerin suuntaisella vedolla.

Vetosammakon ideaa ei voi suoraan hyödyntää ankkurointipisteessä, koska vetosammakko on tarkoitettu vain hetkelliseen tartuntaan ja tartunta tapahtuu vain kuormittaessa vetosammakkoa vaijerin suuntaisesti. Vaijerin suuntaisen kuormituksen kasvaessa myös tarttumisvoima vetosammakon leukojen välissä kasvaa. Tätä ominaisuutta hyödynsimme prototyypimme kiinnitysmekanismin ideassa, jossa veto on saumojen suuntainen. Saumojen suuntainen pitkäaikainen veto toteutetaan momenttiavaimella kiristämällä kierretangon nousua hyödyntäen.

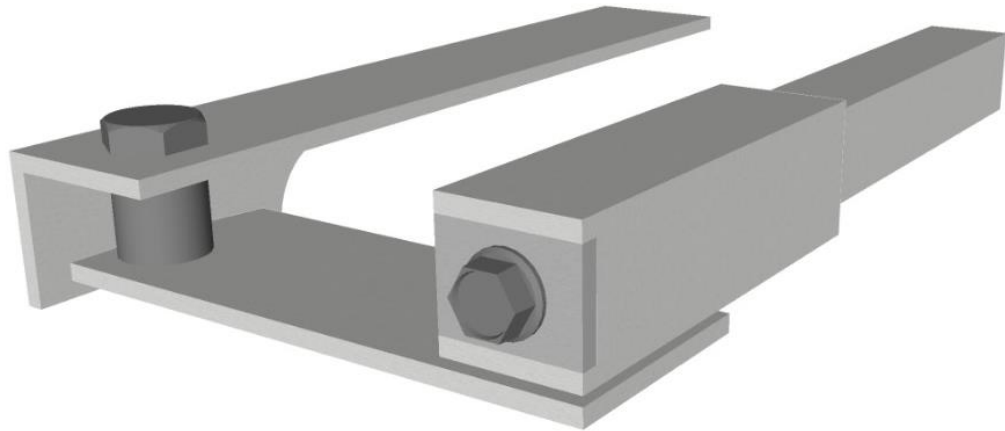
Koska ensimmäisen vaiheen idea saumojen välisestä vedosta todettiin toimimattomaksi jo varhaisessa kehitysvaiheessa, siitä ei muodostettu havainnollistavaa 3D-mallia. Saumojen suuntaisesti toteutettavan vedon ideasta muodostui useampia erilaisia 3D-malleja. Mallinnus tapahtui googlen SketchUp-ohjelmalla.

### 3. Yhden toimivan kiinnitysmekanismin suunnittelu ja puuprototyypin valmistus

Aluksi valmistimme konesaumattua peltikattoa mukailevan testialustan erilaisten kiinnitysmekanismin prototyyppien testaamista varten. Vanerista ja pellistä valmistetun alustan saumojen leveys vastasi konesaumattua peltikaton todellista saumojen välistä leveyttä ja sauman korkeus sekä vahvuus valmistettiin vastaamaan todellista konesauma. Testialustan konesaumojen mukailevat pellit taiteltiin todellisen konesauman mukaisesti.

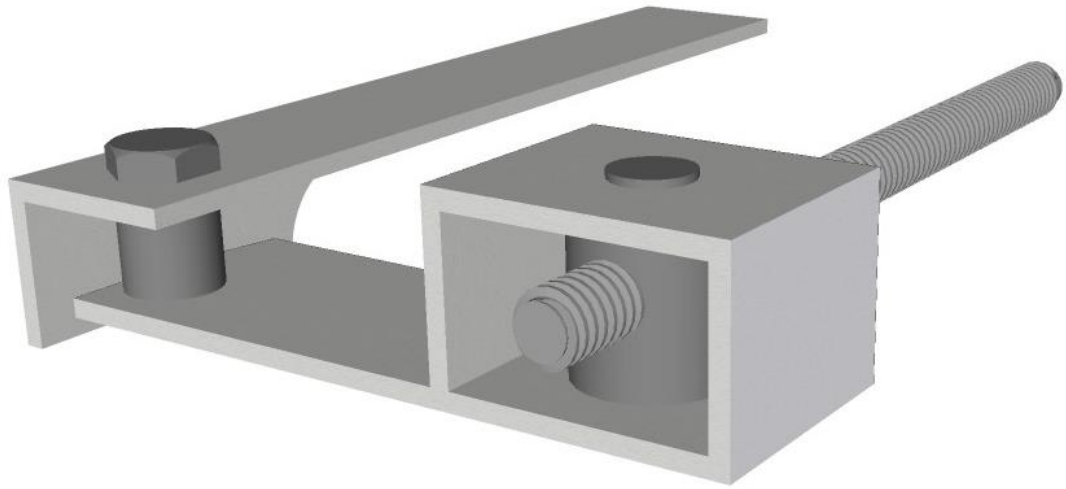
Mallista 1 kuva (malli1) emme valmistaneet puuprototyyppiä, koska jo piirretystä 3D-mallista päättelimme siinä olevan liikaa heikkouksia. Kiristämiseen tarkoitettua kierretangon ympärillä olevat neliöputket liukuvat sisäkkäin kiristettäessä. Hyvä ominaisuus on tässä mallissa kierretangon oleminen suojassa neliöputkien sisällä. Rakenne, joka olisi koostunut sisäkkäin liukuvista neliöputkista, olisi koostunut liian monesta irtoneuvasta osasta ja olisi sisältänyt liikaa mahdollisesti epävarmoja hitsisaumoja. Lisäksi kaksi sisäkkäistä neliöputkea olisivat tuoneet huomattavasti lisää painoa ankkurointipisteen rakenteeseen. Paino ja rakenteen monimutkaisuus olivat suurimmat ensimmäisen kiinnitysmekanismin mallin hylkäämiseen johtaneet tekijät. Tästä mallista säilytimme ideat saumojen

suuntaisesta vedosta ja kierrenousuun sekä vipuvarteen perustuvasta kiristämisestä.



Kuva 1, kiinnitysmekanismi malli 1

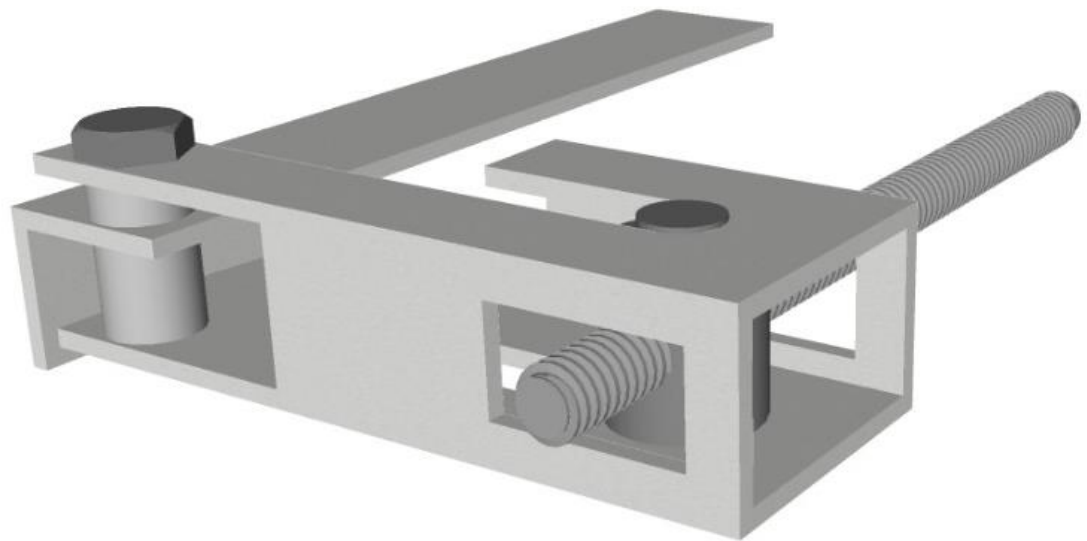
Ensimmäisen kiinnitysmekanismi puinen prototyypin valmistimme mallista 2 kuva (malli2). Prototyyppi valmistettiin 4mm vanerista luonnollisessa mittakaavassa 1:1. Kasasimme prototyypin paineilmakäyttöisellä niittipistoolilla, pulteilla ja muttereilla. Valmistimme kaksi kontaktipistettä sisältävän kiinnitysmekanismi yhdelle konesaumalle ja testasimme sen toimivuutta testialustalla. Testitulosten perusteella kiinnitysmekanismi toimintaperiaate osoittautui toimivaksi, mutta kiinnitysmekanismi rakenne oli liian heikko. Testitulosta väärästi prototyypin puinen rakenne, joka kuormituksen kasvaessa vääntyi huomattavasti helpommin kuin lopullisen tuotteen materiaalina käytettävä teräs. Vipuvarsi kiinnittyi vain yhdestä kohtaa vastinkappaleeseen ja painava kiristysmekanismi vääntäisi lattaraudasta valmistettua vipuvartta alaspäin.



Kuva 2, kiinnitysmekanismin malli 2

Kiinnitysmekanismin rakenteen vahvistamiseksi ja vääntymisen estämiseksi, teimme rakenteellisia muutoksia, jotka ovat kuvattuna mallissa numero 3 (kuva malli3). Rakenteen vahvistamisen lisäksi mallin numero 3 mukaisen kiinnitysmekanismin prototyypin valmistamisessa keskityimme vipuvarren kontaktipinnan muotoiluun, vipuvarren ja kierretangon yhdistämiseen sekä tarvittavien osien sijoitteluun, vipuvarren saranakohdan määrittelyyn ja vipuvarren vastinkappaleen suunnitteluun. Oleellinen ero malliin numero 2 on vipuvarren liittäminen vastinkappaleeseen kahdesta kohdasta ja vipuvarren valmiista neliöputkesta valmistettu rakenne. Sauman suuntainen veto ja kierretangolla tapahtuva kiristäminen ovat ensimmäisestä mallista lähtien säilyneitä ominaisuuksia. Mallin numero 3 mukaisen puuprototyypin valmistamiseen käytimme samoja työskentelymenetelmiä, työkaluja ja materiaalia kuin mallin numero 2 prototyypin valmistamiseen.





Kuva 3, kiinnitysmekanismin malli 3

Tämän suunnitteluprosessin vaiheen numero 3 aikana palasimme useaan otteeseen vaiheeseen numero 2, jossa hahmottelimme kiinnitysmekanismin rakennetta uudelleen havaittujen ongelmien ratkaisemiseksi. Ongelmiin löydettyjä ratkaisuja testasimme käytännössä suunnitteluprosessin vaiheessa numero 3.

#### 4. Ankkurointipisteen rakenteen suunnittelu ja puisen prototyypin valmistus

Toimivan kiinnitysmekanismin ja onnistuneen puuprototyypin valmistamisen jälkeen lähdimme pohtimaan neljän erillisen kiinnitysmekanismin yhdistämistä toisiinsa yhdeksi toimivaksi ankkurointipisteeksi. Yhdistämisessä tulisi ottaa huomioon ankkurointipisteen leveyden säätö ja lukitseminen haluttuun leveyteen. Suunnittelimme rakenteen matalaksi ja leveäksi, jotta tukipinta kattoon olisi mahdollisimman suuri. Tämä rakenne mahdollistaisi ankkurointipisteen kiinnittämisen kahteen vierekkäiseen konesaumaan. Kahteen vierekkäiseen saumaan kiinnittäminen pienentää yhteen konesaumaan kohdistuvaa rasitusta sekä sauman muodonmuutosten riskiä. Toinen ankkurointipisteen kiinnittämiseen liittynyt ongelma oli kiinnitysmekanismin palautuminen takaisin auki-asentoon. Suunnittelimme kiinnitysmekanismin palautuvan auki-asentoon

jousen avulla. Jousi asetettiin kierretangon ympärille niin, että se puristuu kasaan kierretankoa kiristettäessä ja puristunut jousi työntää kiinnitysmekanismin auki kierretankoa avattaessa.

Sijoitimme turvaköyden kiinnityslenkin matalalle kahden konesauman puoliväliin, jotta siihen kohdistuva köyden veto ei aiheuttaisi suurta, vipumaista raskautta ankkurointipisteen rakenteelle. Tämän kehitysvaiheen rakenteellisia ratkaisuja pohtiessa täytyi pitää mielessä standardin SFS-EN-795 määrittelemä siirrettävän ankkurointipisteen maksimipaino 25 kg sekä yhden henkilön liikuteltavuus.

Valmistimme neljä erillistä kiinnitysmekanismia kahteen konesaumaan sekä kaikki runkoon tarvittavat osat luonnollisessa mittakaavassa 1:1. Materiaalina käytimme 4mm vaneria ja kuusilautaa. Puisen prototyypin kokoamiseen ja testialustalla testaamiseen käytimme jo olemassa olevia, lopullisen metallista valmistettavan ankkurointipisteen pultteja, muttereita sekä kierretankoa.

Tämä kehitysvaihe sisälsi lukuisia testikertoja ja pientä hienosäätöä varmistuaksemme rakenteen toimivuudesta ennen varsinaisen tuotteen valmistamiseen siirtymistä. Testeillä ja pienillä rakenteellisilla muutoksilla pyrimme minimoimaan ankkurointipisteen kiinnittämiseen tarvittavan vipuvarsien liikkeen määrän. Liikkeen määrän pienenemisen myötä kierteen kiertämisen tarve vähenee ja ankkurointipisteen asennusaika nopeutuu. Tarkastimme myös puisen prototyypin mittasuhteet ja yksittäisten osien mitat, optimoidaksemme tuotteen painoa ja käytettävyyttä, ennen kuin siirryimme valmistamaan varsinaista tuotetta metallista.

### 3.3.3 Ankkurointipisteen valmistusvaiheet 5-6

#### 5. Ankkurointipisteen valmistaminen metallista

Materiaalina päätimme käyttää terästä. Pohdimme myös alumiinin käyttöä kevyempänä materiaalina, mutta päätimme käyttää terästä sen kestävyysvuoksi, vaikka teräksisestä ankkurointipisteestä tulisikin painavampi. Laskujemme mukaan puisen prototyypin mittoihin valmistettu teräksinen ankkurointipiste painaisi vähemmän kuin standardissa SFS-EN-795 vaadittava maksimipaino 25kg. Valmistaminen toteutettiin Rauman opettajankoulutuslaitoksen Teknika-rakennuksessa.

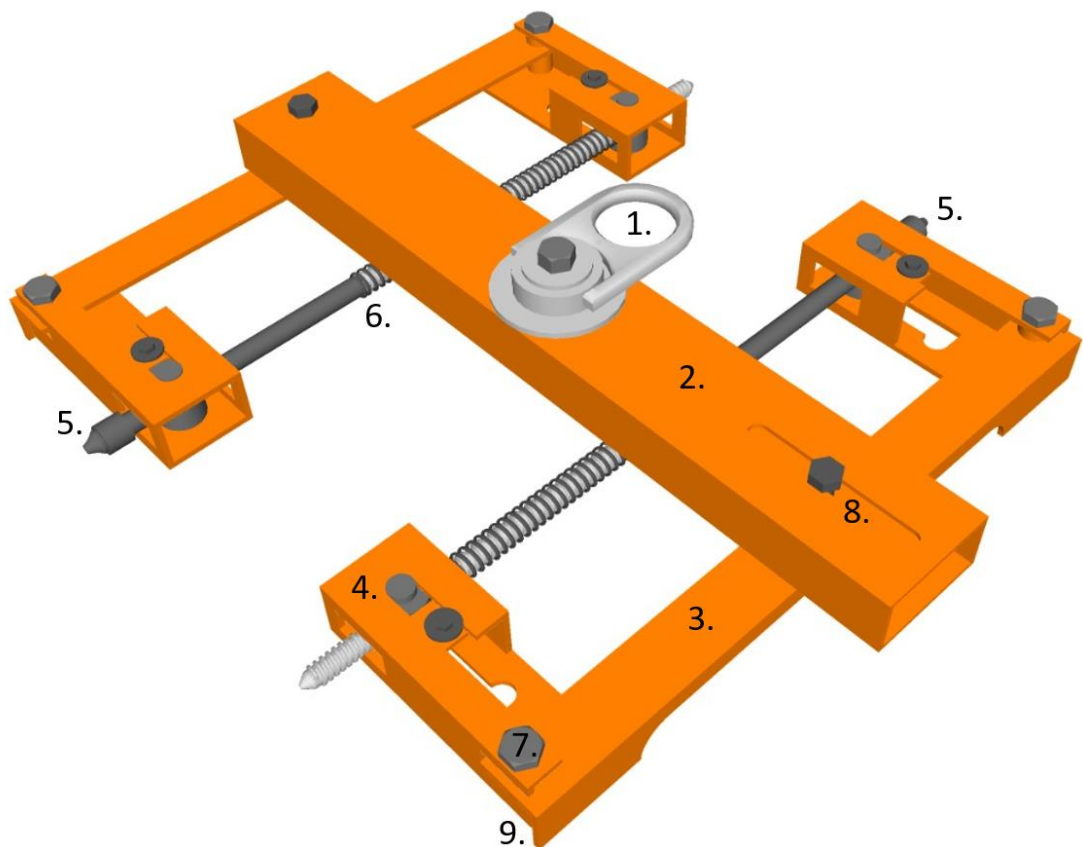
Runkorakenteiden päämateriaaleina käytimme 3mm seinämävahvuista teräksistä 80mm x 40mm neliöputkea ja 4mm vahvuista 40mm x 40mm kulmarautaa. Runko koostuu kahdesta vipuvarsien vastinkappaleista ja niitä yhdistävästä runkoputkesta. Runkoputken toiseen päähän jysimme raakasäädön mahdollistava liuku-uran, jolla säädetään vipuvarsien vastinkappaleiden välistä etäisyyttä. Runkoputken keskellä on turvaköyden kiinnittämiseen tarkoitettu laakeroitu kiinnittäytymislenkki. Rungon osien toisiinsa kiinnittämisen toteutimme kuumasinkityillä pulteilla, muttereilla ja aluslevyillä. Pulttiliitokset mahdollistavat ankkurointipisteen osittaisen purkamisen ja kuluvien osien vaihtamisen.

Kiinnitysmekanismin vipuvarret valmistimme 4mm seinämävahvuisesta 60mm x 40mm neliöputkesta, sillä halusimme välttää hitsisaumoja merkittävästi ankkurointipisteen kestävyteen vaikuttavissa paikoissa. Neliöputken putkimainen rakenne vahvistaa vipuvarsien rakennetta. Neliöputkesta muodostuvan vipuvarren toiseen päähän muotoilimme konesaumaa vasten puristuvan kontaktipinnan, ja toiseen päähän valmistimme kiinnityspaikan trapetsikierretangolle. Trapetsikierretanko kiinnitetään vipuvarteen neliöputken sisälle sijoitetulla holkillä, jossa on trapetsikierre. Trapetsikierretangon toiseen päähän tulevaan vipuvarteen sorvasimme teräksisen holkin ilman kierrettä. Hitsasimme trapetsikierretankoon sopivan kokoisen hylsyn momenttiavaimella tapahtuvaa kiertämistä varten. Trapetsikierretangon ympärille asensimme jousen ja putken, jotka liitimme yhteen hitsaamalla. Oikean mittainen putki esijännittää

jousen, joka palauttaa vipuvarret takaisin auki-asentoon kierretankoa avattaessa. Vipuarsien kiinnitykset runkoon toteutettiin kuumasinkityillä pulteilla, muttereilla ja aluslevyillä. Pultit toimivat samalla saranoina ja mahdollistavat vipuarsien kääntymisen ankkurointipisteen kiinnittämisen aikana, sekä tarvittaessa ankkurointipisteen purkamisen osiin.

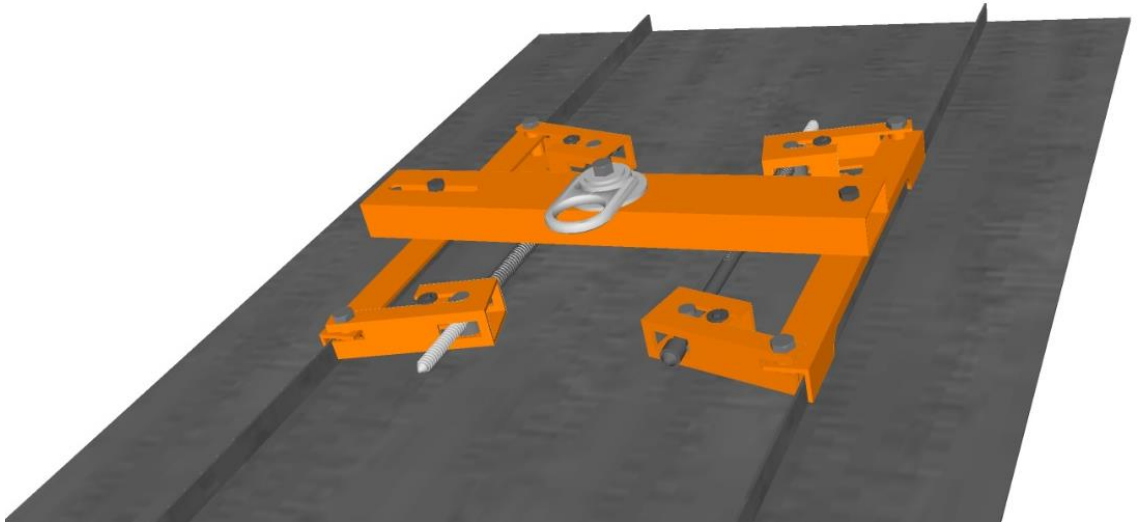
## 6. Ankkurointipisteen viimeisteleminen

Kun metallista valmistetuista osista koostuva rakenne oli toimiva, valmistelimme rungon osat pintakäsittelyä varten. Poistimme niistä terävät kulmat sekä hiekkapuhalsimme ne ennen pintakäsittelyä varmistaaksemme pohjamaalille hyvän ja puhtaan tartuntapinnan. Käyttämämme pohjamaali on tarkoitettu metallipintojen pohjamaalaamiseen ja sisältää ruosteenestopigmenttiä. Pintamaaliksi valitsimme yleisesti teollisuudessa käytettyä metallipintojen suojaamiseen tarkoitettua liuotinhenteistä maalia. Pintakäsittelimme rungon osat kahteen kertaan. Trapetsikierretangon ja holkkien paljaat metallipinnat käsittelimme sinkkispraylla.



Kuva 4 Ankkurointipisteen osat

1. Vapaasti kääntyvä kiinnittäytymislennkki
2. Vipuvarsien vastinkappaleet yhdistävä runkoputki
3. Vipuvarsien vastinkappale, 2 kpl
4. Vipuvarsi, 4 kpl
5. Hylsy momenttiavaimelle, 2 kpl
6. Kierretankoa ympäröivä putki ja jousi, sekä kierretanko, 2 kpl
7. Vipuvarren kiinnityspultti ja sarana, 4 kpl
8. Raakasäädön mahdollistava liuku-ura
9. Vipuvarren ja vastinkappaleen väliin muodostuva kontaktipiste kattoon, 4 kpl



Kuva 5 Ankkurointipiste kiinnitettynä konesaumattuun peltikattoon.

### 3.4 Laatutavoiteteoreeman testaaminen

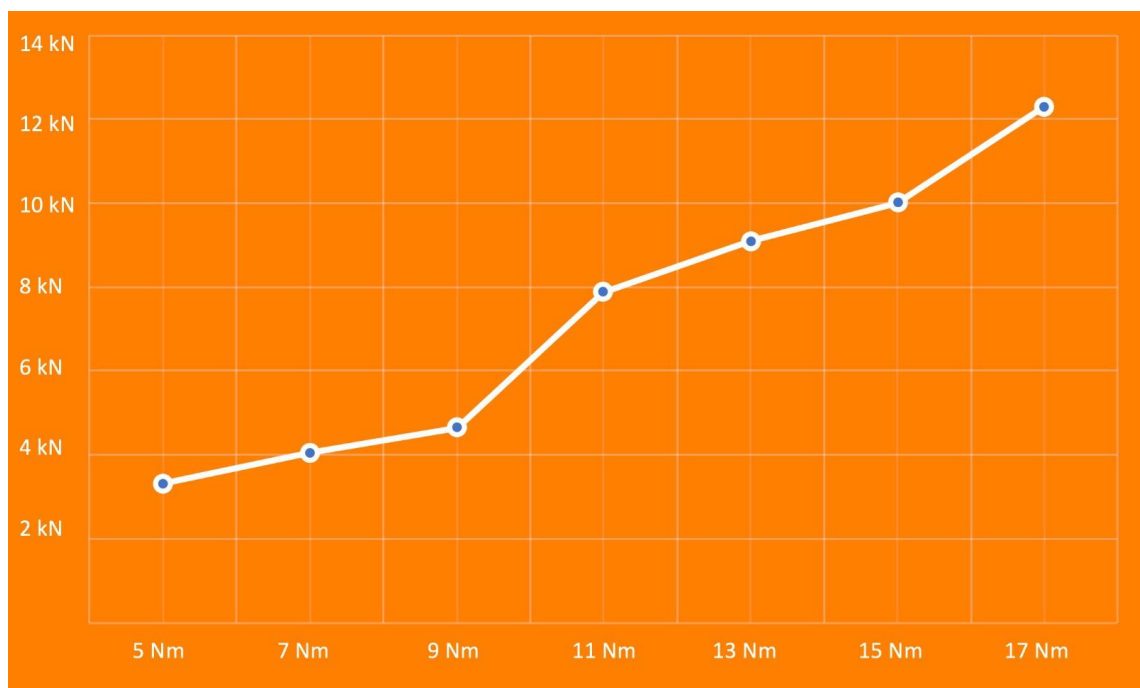
Ankkurointipisteen rakenteen kestävyys testamista varten valmistimme testipenkin, jolla on mahdollista toteuttaa standardin SFS-EN-795 vaatimusten mukaiset lujuustestit. Testipenkillä tuotetaan ankkurointipisteelle staattisen voiman rasiustesti, jolla mitataan kuormituksen kestävyttä. Testipenkin runko on valmistettu höylätystä 48mm x 98mm lankusta. Runkoa on jäykistetty kolmella päällekkäisellä 20mm vanerilla, jotka nostavat ankkurointipisteen kiinnitysalustaa ylöspäin ja toimivat tukevana kiinnitysalustana konesaumatuille pellille, johon ankkurointipiste kiinnitetään.

Testipenkki on suunniteltu tuottamaan ankkurointipistettä kuormittava voima samansuuntaisena, kuin tilanteessa, jossa työntekijä tippuu katolta ja ehtii pudota vapaasti useita metrejä jäädessä roikkumaan köyden kiristytessä, sekä pysäyttäessä putoavan työntekijän ennen maahan osumista. Tippuvan työntekijän turvaköysi kuormittaa ankkurointipistettä hieman katon kaltevuuskulmaa jyrkemmässä kulmassa.

Testin aluksi kiinnitimme ankkurointipisteen konesaumoihin. Asensimme ankkurointipisteen kiinnittäytymislenttiin kuormapuntarin mittaamaan ankkurointipisteeseen kohdistuvan staattisen voiman suuruutta. Testipenkin toiseen päähän asensimme saksitunkin, joka mahdollistaa kuormittavan voiman kasvattamisen portaattomasti testin aikana. Kuormapuntarin toiseen kiinnityslenttiin asensimme kuormaliinan, joka kiertää saksitunkin ympäri ja palaa takaisin kiinni kuormapuntarin kiinnityslenttiin. Saksitunkilla kuormaliinan muodostamaa lenkkiä kiristettäessä voima välittyy kuormanilmaisimen kautta ankkurointipisteen kiinnittäytymislenttiin. Kuormapuntari ilmaisee ankkurointipisteeseen kohdistuvan voiman suuruuden.

Ennen staattisen voiman rasiustestiä selvitimme kiinnittämiseen tarkoitetulle momenttiavaimelle oikean momentin, jolla kiristettynä ankkurointipiste kestäisi 12 kN kuormituksen konesaumoihin kiinnitettynä. Momentin selvitimme kiristämällä kiinnitysmekanismin kierretankoa (osat 5 ja 6 kuvassa 4) aluksi yhden (5) Nm voimalla. Tämän jälkeen kasvatimme ankkurointipisteeseen kohdistuvaa voimaa testipenkissä, kunnes ankkurointipiste irtosi konesaumosta. Totesimme viiden

Nm voiman olevan riittämätön pitämään ankkurointipistettä paikallaan 12 kN kuormituksessa. Tämän jälkeen kiristimme kierretankoa seitsemän (7) Nm voimalla, kasvatimme ankkurointipisteeseen kohdistuvaa voimaa ja havainnoimme tilannetta. Kiristysmomentin kasvattamisen yhteydessä, irrotimme ankkurointipisteen ja siirsimme sitä hieman eri kohtiin. Jatkoimme kiristysmomentin ja kuormituksen kasvattamista, kunnes löysimme oikean kiristysmomentin, jolla ankkurointipiste pysyy paikallaan konesaumoihin kiinnitettynä 12 kN kuormituksessa. Oikea kiristysmomentti on 17 Nm. Kuvaajassa 1 on kuvattu ankkurointipisteen kiinnitysmekanismin kiristysmomentin vaikutus ankkurointipisteen kuormituksen kestävyYTEEN. Kuvaajan vaaka-akselille sijoitetut arvot kuvaavat momenttia, jolla ankkurointipisteen lukitusmekanismi on kiristetty testipenkin konesaumoihin. Pysty-akselilla olevat arvot kuvaavat sitä kuormitusta, jonka ankkurointipiste enimmillään kestää ollessaan kiristettynä vaaka-akselilla kuvattuun kiristysmomenttiin.

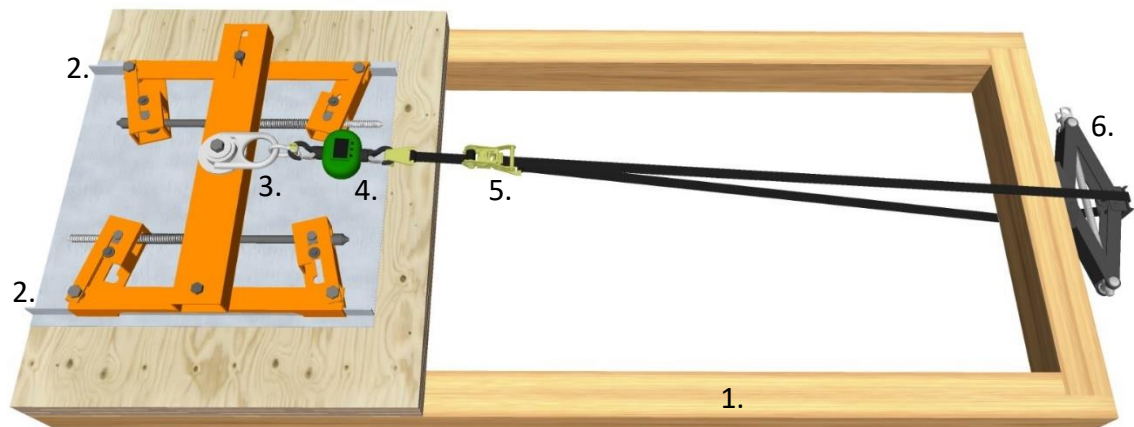


Kuvaaja 1 Kiristysmomentin vaikutus ankkurointipisteen kuormituksen kestävyYTEEN

Seuraavaksi suoritimme standardin SFS-EN-795 mukaisen staattisen voiman rasiustestin testipenkissä. Läpäistäkseen standardin mukaisen testin,

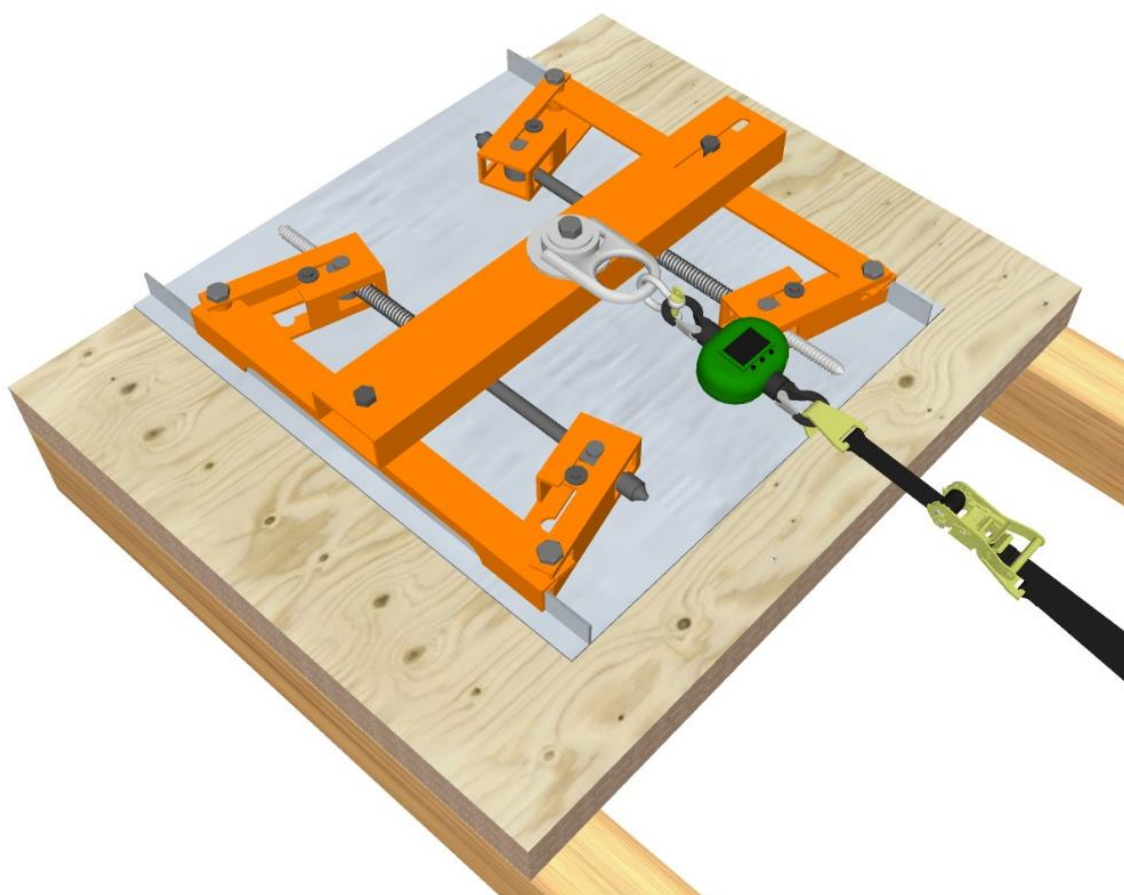


ankkurointipisteen tulee kestää 12 kN kuormitusta kolmen (3) minuutin ajan. Kiristimme ankkurointipisteen aikaisemmassa vaiheessa riittäväksi todettuun kiristysmomenttiin, kasvatimme ankkurointipisteeseen kohdistuvaa voimaa maltillisesti 12 kN asti ja otimme aikaa sekuntikellolla. Lopuksi arvioimme loput testipenkissä mitattavat ominaisuudet, jotka on esitelty määrittelyteoreettisen osan kappaleessa 2.5 Laatatavoiteteoreeman testaamisen suunnittelu.



Kuva 6 Ankkurointipiste kiinnitettynä testipenkkiin ja testipenkin osat

1. Testipenkin runko
2. Konesaumamat
3. Ankkurointipisteen kiinnittäytymislennkki
4. Kuormapuntari
5. Kiristysräikkä ja kuormaliina
6. Saksitunkki



Kuva 7 Lähikuva ankkurointipisteestä testipenkkiin kiinnitettynä

Testipenkissä suoritettujen mittausten jälkeen arvioimme ankkurointipisteen laatutavoitekriteerien toteutumista testiradalla, jonka toteutimme Vanhassa Raumassa sijaitsevan paritalon pihapiirissä. Koetilanteen alussa esittelimme ankkurointipisteen osat, toimintaperiaatteen sekä testiradan. Esitellyt asiat löytyvät tarkemmin liitteestä ”Ankkurointipisteen toimintaperiaate sekä toiminta testiradan aikana”. Tämän jälkeen koehenkilöillä oli mahdollisuus tutustua ankkurointipisteeseen ja testirataan tutkijoiden läsnä ollessa. Testiradalla keräsimme käyttäjätietoa ankkurointipisteestä, testaamiseen osallistuneiden koehenkilöiden avulla. Koehenkilöt (n=4) testasivat ankkurointipistettä testiradalla ja tutkijoina havainnoimme testiä, sekä suoritimme mittauksia. Testiradan aikana koehenkilö oli kiinnittäytyneenä primääriseen turvaköyteen, joka takasi koehenkilöiden turvallisuuden testin aikana. Tämän lisäksi koehenkilöt kiinnittäytyivät ankkurointipisteeseen sekundaarisella turvaköydellä, ankkurointipisteen asentamisen jälkeen. Tutkielman tekijät ohjeistivat tarvittaessa koehenkilöiden toimintaa testiradalla.

Testirata alkoi punaiselta lipulta. Koehenkilö puki turvalajaa päälle, otti ankkurointipisteen maasta, kuljetti sen tikkaita pitkin katolle ja kiinnittäytyi primääriseen turvaköyteen. Tämän jälkeen koehenkilö asensi ankkurointipisteen katolla sijaitsevaan paikkaan A ja kiinnittäytyi ankkurointipisteeseen turvalajaiden ja sekundaarisen turvaköyden välityksellä. Kiinnittäytymisen jälkeen koehenkilö siirsi katolla sijaitsevaa kevyttä esinettä sivuttaissuunnassa noin kolmen (3) metrin matkan. Seuraavaksi koehenkilö irrottautui sekundaarisesta turvaköydestä. Tämän jälkeen koehenkilö irrotti ankkurointipisteen paikasta A, siirtyi katolla paikkaan B, asensi ankkurointipisteen uudelleen ja toisti esineen siirtämisen. Lopuksi koehenkilö irrottautui sekundaarisesta turvaköydestä, irrotti ankkurointipisteen paikasta B ja siirtyi tikkaiden luo. Tikkaiden luona koehenkilö irrotti primäärisen turvaköyden turvalajastaan ja siirtyi tikkaita pitkin takaisin punaiselle lipulle. Tämän jälkeen koetilanne oli kyseisen testaajan osalta päättynyt. Koetilanteen jälkeen koehenkilöitä haastateltiin ja haastattelut äänitettiin.



Kuva 8 Ympäristö, johon testirata rakennettiin käyttäjätiedon keräämistä varten.

### 3.5 Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksen tulokset on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Taulukossa 1 on esitetty testipenkissä suoritettujen mittausten perusteella saadut tulokset ja taulukossa 2 on esitetty testiradalta saadut tulokset. Taulukoissa harmaa väri kuvaa laatutavoitteen tavoite arvoa. Testissä saatu tulos on merkitty taulukkoon 1 kirjaimella X ja taulukkoon 2 lihavoidulla arvolla. Tähdellä (\*) merkityt laatutavoitteet täyttävät toteutuessaan standardin SFS-EN-795 asettamat vaatimukset. Lisäksi jokaisen laatutavoitteen toteutuminen tai toteutumatta jääminen on avattu erikseen kunkin laatutavoitteen tulosluvussa.

Taulukko 1 Testipenkissä saadut tulokset.

Laatutavoitteen ominaisuus	Ei toteudu	Toteutuu
Ankkurointipisteen rakenteessa ei ole käyttäjää tai tuotetta vahingoittavia teräviä kulmia*		X
Ankkurointipisteessä on kiinnityskohta turvaköydelle		X
Ankkurointipiste kiinnittyy kattoon neljällä kontaktipisteellä		X
Säädettävyys erilaisten konesaumojen leveyksille		X
Kiinnitysmekanismin avaamiseen tarvitaan kaksi erillistä, manuaalista ja tarkoituksella tehtyä mekaanista liikettä		X
Ankkurointipisteen paino voi olla maksimissaan 25kg*		X
Ankkurointipisteen asentaminen tai irrottaminen ei aiheuta vaurioita ankkurointipisteeseen tai asennusalustaan*	X	
Kuormituksen kestävyys jokaiseen suuntaan minimissään 12Kn*	X	
Pysyvät muodonmuutokset rakenteessa kuormituksen jälkeen maksimissaan 10mm*		X
Asentaminen ilman erillisiä työkaluja		X

**Ankkurointipisteen rakenteessa ei ole käyttäjää tai tuotetta vahingoittavia teräviä kulmia\***

Standardin SFS-EN-795 mukaan ankkurointipisteessä ei saa olla käyttäjää, putoamissuojaimia tai kiinnityslaitetta itseään vahingoittavia teräviä kulmia. Standardin mukaan suositellaan elementtien näkyvien reunojen ja kulmien työstämistä vähintään 0,5mm:n säteellä. Tässä tutkimuksessa tuotetun ankkurointipisteen rakennusmateriaali on valmiiksi pyöreäreunaista neliöputkea

ja valmistuksessa syntyneet terävät kulmat on pyöristetty standardin suosituksen mukaan. Terävien reunojen puuttuessa laatutavoite toteutuu.

### **Ankkurointipisteessä on kiinnityskohta turvaköydelle**

Ankkurointipisteessä on oltava kiinnittäytymislenkki turvaköyden kiinnittämistä varten, jotta ankkurointipiste toimisi osana putoamissuojainjärjestelmää. Tässä tutkimuksessa tuotetussa ankkurointipisteessä kiinnittäytymislenkki on sijoitettu vipuvarsien vastinkappaleet yhdistävään runkoputkeen, joten laatutavoite toteutuu.

### **Ankkurointipiste kiinnittyy kattoon neljällä kontaktipisteellä**

Suunnittelimme ankkurointipisteen rakenteeseen neljä kontaktipistettä mahdollisimman tukevaa kiinnitystä ja sivuttaissuuntaisten voimien hallitsemista varten. Neljä kontaktipistettä ovat etäällä toisistaan vipuvarsien ja vastinkappaleiden välissä, ankkurointipisteen kulmissa, joten laatutavoite toteutuu.

### **Säädettävyys erilaisten konesaumojen leveyksille**

Ankkurointipisteen kontaktipisteiden välistä etäisyyttä voidaan säätää raakasäädöllä. Raakasäätö on toteutettu runkoon jyrksillä liuku-uralla. Haluttu leveys lukitaan kiristämällä vastinkappale pultilla ja mutterilla kiinni runkoon. Tämä rakenne mahdollistaa kontaktipisteiden välisen etäisyyden säätämisen ja ankkurointipisteen kiinnittämisen eri levyisiin konesaumoihin, joten laatutavoite toteutuu.

### **Kiinnitysmekanismin avaamiseen tarvitaan kaksi erillistä, manuaalista ja tarkoituksella tehtyä mekaanista liikettä**

Standardi SFS-EN-795 mukaan ankkurointipisteen lukituksen avaaminen täytyy olla kahden manuaalisen liikkeen takana. Ankkurointipisteessä on kaksi kiinnitysmekanismia, joiden lukitseminen sekä avaaminen tapahtuvat momenttiavaimella. Momenttiavaimessa on kaksiasentoinen suunnanvaihtovipu, toinen asento kiristämiseen ja toinen avaamiseen. Kiristämisen jälkeen suunnanvaihtovipu täytyy kääntää toiseen asentoon avaamista varten.

Avaaminen tai kiristäminen tapahtuu momenttiavainta kiertämällä. Suunnanvaihtovivun kääntäminen ja momenttiavaimen kiertäminen ovat kaksi tarkoituksella tehtyä, peräkkäistä manuaalista liikettä. Näiden kahden manuaalisen liikkeen perusteella laatutavoite toteutuu.

### **Ankkurointipisteen paino**

Standardin SFS-EN-795 mukaan irrotettavat ja uudelleen asennettavat ankkurointipisteet voivat koostua yhdestä tai useammasta elementistä. Yhden elementin paino voi maksimissaan olla 25kg. Tässä tutkimuksessa tuotettu ankkurointipiste on yksielementtinen ja näin ollen sen paino saa olla maksimissaan 25kg ollakseen standardin SFS-EN-795 mukainen. Ankkurointipisteen painoksi punnittiin 12,6 kg. Tuloksen perusteella laatutavoitekriteeri toteutuu.

### **Ankkurointipisteen asentaminen tai irrottaminen ei aiheuta vaurioita ankkurointipisteeseen tai asennusalueeseen\***

Standardin SFS-EN-795 mukaan ankkurointipiste tulee suunnitella siten, että se voidaan irrottaa rakenteesta ilman rakenteen tai ankkurointipisteen vaurioitumista. Testipenkissä suoritettua staattisen voiman rasitustestin jälkeen tarkastettiin, vaurioituiko ankkurointipiste tai rakenne kiinnittämisen ja irrottamisen yhteydessä. Ankkurointipisteeseen ei tullut vaurioita kiinnitettäessä tai irrotettaessa, mutta rakenne, johon ankkurointipiste kiinnitettiin, vaurioitui rasitustestin aikana, joten laatutavoite ei toteudu.

### **Kuormituksen kestävyys jokaiseen suuntaan minimissään 12Kn\***

Testasimme ankkurointipisteen kuormituksen kestävyttä standardissa SFS-EN-795 vaaditulla tavalla. Suoritimme testin valmistamassamme testipenkissä. Tavoitteemme oli, että ankkurointipiste kestäisi siihen kohdistettavaa 12 kN voimaa sekä pysyy paikallaan testipenkissä vähintään 3 minuutin ajan. Ankkurointipiste kesti siihen kohdistuvan 12 kN voiman, mutta pysyi paikallaan testipenkissä vain 2 minuuttia ja 3 sekuntia. Tuloksen perusteella laatutavoitekriteeri ei toteudu.



## **Pysyvät muodonmuutokset rakenteessa kuormituksen jälkeen maksimissaan 10mm\***

Standardin SFS-EN-795 mukaisuuteen vaaditaan, että 12kN staattisen voiman kohdistamisen jälkeen ankkurointipisteen rakenteessa ei saa olla yli 10mm pysyviä muodonmuutoksia. Testin aikana yli 10 mm muodonmuutokset sallitaan, mutta testin jälkeen niiden täytyy palautua alle 10mm, jotta ankkurointipiste olisi standardin SFS-EN-795 mukainen. Testin jälkeen ankkurointipisteen muodonmuutokset mitattiin ja ankkurointipisteessä havaittiin enintään 2 mm pysyviä muodonmuutoksia. Tulosten perusteella laatutavoite toteutuu.

## **Ankkurointipisteen voi asentaa ilman erillisiä työkaluja**

Tavoittelimme ankkurointipisteelle työkalutonta asennettavuutta asennusajan lyhentämiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi. Ankkurointipisteen kiinnitysmekanismin kiristämiseen ja avaamiseen käytettävä momenttiavain pysyy kiinni hylsyn kannassa kuljettamisen, siirtämisen ja asentamisen sekä irrottamisen aikana, joten asentamiseen ei tarvitse käyttää erillisiä työkaluja. Laatutavoite toteutuu.

Taulukko 2. Testiradalla saadut tulokset.

Laatutavoitteen ominaisuus	1	2	3	4	5	Yksikkö
Asennusaika	>120	<b>&gt;60</b>	30-60	<30	<15	sekuntia
Irrotusaika	>120	>60	<b>30-60</b>	<30	<15	sekuntia
Kiinnittäytymisenkin vapaa kääntyvyys köyden mukana*					<b>5</b>	1-5
Ankkurointipisteen pintakäsittely on korroosiolta suojaava*				<b>4,25</b>		1-5
Ankkurointipiste on helppokäyttöinen				<b>4,25</b>		1-5
Liikuteltavissa yhden henkilön voimin			<b>3,75</b>			1-5
Ankkurointipisteen kuluvat osat ovat vaihdettavissa					<b>5</b>	1-5
Ankkurointipiste on helppo asentaa oikein				<b>4,625</b>		1-5

### Ankkurointipisteen asennusaika

Asennusaika alkaa käyttäjän ollessa käyttökohteessa valmiina asentamaan ankkurointipisteen konesaumoihin ja loppuu, kun ankkurointipiste on asennettuna ja käyttäjä on valmiina kiinnittämään turvaköyden ankkurointipisteeseen. Tavoittelimme 60 sekunnin asennusaikaa. Testiradalla koehenkilöt asensivat ankkurointipisteen yhteensä 8 kertaa. Tutkielman tekijät kellottivat aikaa, jonka koehenkilöt käyttivät ankkurointipisteen asentamiseen ja laskivat keskiarvon kellotetuille ajoille. Koehenkilöt käyttivät ankkurointipisteen

asentamiseen keskimäärin 1 minuutin ja 31 sekuntia, jonka perusteella laatutavoitekriteeri saa arvon 2 ja ei toteudu.

### **Ankkurointipisteen irrotusaika**

Ankkurointipisteen irrottamisaika alkaa, kun henkilö on irrottanut turvaköyden ankkurointipisteestä ja aloittaa ankkurointipisteen irrottamisen. Irrotusaika päättyy, kun henkilö on irrottanut ankkurointipisteen kokonaan ja on valmis siirtämään sen uuteen kiinnityspaikkaan. Tavoittelimme 60 sekunnin irrotusaikaa. Testiradalla koehenkilöt irrottivat ankkurointipisteen yhteensä 8 kertaa. tutkielman tekijät kellottivat aikaa, jonka koehenkilöt käyttivät ankkurointipisteen irrottamiseen ja laskivat keskiarvon kellotetuille ajoille. Koehenkilöt käyttivät ankkurointipisteen irrottamiseen keskimäärin 53,75 sekuntia, jonka perusteella laatutavoitekriteeri toteutuu arvolla 3.

### **Kiinnittäytymislenkin vapaa kääntyvyys köyden mukana\***

Standardin SFS-EN-795 mukaan ankkurointipisteen rakenteen tulee olla kooltaan ja suunnittelultaan sellainen, että kiinnittäytymislenkki voi vapaasti kääntyä turvaköyden mukana. Koehenkilöiltä kysyttiin testiradan suorittamisen jälkeen arviota kiinnittäytymislenkin vapaasta kääntyvyydestä köyden mukana. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 5, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 5.

### **Ankkurointipisteen pintakäsittely on korroosiolta suojaava\***

Standardin SFS-EN-795 mukaan ankkurointipisteen perusmateriaalissa ei saa olla korroosiota. Tummentumat ja valkoinen hilseily on hyväksyttävää, mutta ankkurointipisteen metalliosissa ei saa olla merkkejä korroosioista, joka vaikuttaisi esimerkiksi liikkuvien osien toimintaan. Ankkurointipisteessä ei ole paljaita metalliosia, vaan runko on pintakäsittely. Testaamisen jälkeen tuotteessa ei havaittu merkkejä korroosioista ja lisäksi koehenkilöiltä kysyttiin arviota korroosiota estävästä pintakäsittelystä. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 4,25, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 4.

### **Ankkurointipisteen helppokäyttöisyys**

Ankkurointipisteen tulee olla helppokäyttöinen. Koehenkilöt arvioivat testiradan jälkeen ankkurointipisteen helppokäyttöisyyttä. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 4,25, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 4.

### **Liikuteltavissa yhden henkilön voimin**

Standardin SFS-EN-795 mukaan yhden tai useamman elementin ankkurointipisteen yhden elementin tulee olla yhden henkilön kuljetettavissa ja liikuteltavissa. Tässä tutkimuksessa tuotettu ankkurointipiste on yksielementtinen. Koehenkilöt arvioivat testiradan jälkeen ankkurointipisteen kuljettamista ja liikuttamista yhden henkilön voimin. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 3,75, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 3.

### **Ankkurointipisteen kuluvat osat ovat vaihdettavissa**

Mahdollisuus kuluvien osien vaihtamiseen parantaa ankkurointipisteen turvallisuutta, pidentää käyttöikää ja ylläpitää ankkurointipisteen oikeanlaista toimivuutta. Koehenkilöt arvioivat testiradan jälkeen mahdollistaako ankkurointipisteen rakenne kuluvien osien vaihtamisen. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 5, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 5.

### **Ankkurointipiste on helppo asentaa oikein**

Ankkurointipisteen oikeanlainen asennustapa tulee olla selvästi havaittavissa, jotta välttyttäisiin tuotteen vääränlaiselta asentamiselta ja sen käyttämiseltä väärin asennettuna. Testiradan jälkeen koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan, oliko tuote helppo asentaa oikein ja oliko tuotteen oikeanlainen asennustapa selvästi havaittavissa. Saatujen vastausten (n=4) keskiarvo oli 4,625, jonka perusteella laatutavoite toteutuu arvolla 5.

## **3.6 Tutkimusongelmaan vastaaminen**

Taulukossa 1 esitettyjen tulosten perusteella voidaan vastata tutkimuksen ensimmäiseen alaongelmaan. Tulosten perusteella kymmenestä ankkurointipisteelle asetetusta laatutavoitteesta toteutui kahdeksan.

Vastauksena tutkimuksen ensimmäiseen alaongelmaan, **toteutuvatko kaikki ne laatutavoitteet, joiden toteutuminen arvioidaan testipenkissä saatujen tulosten perusteella**, voidaan todeta, että eivät toteudu.

Taulukossa 2 esitettyjen tulosten perusteella voidaan vastata tutkimuksen toiseen alaongelmaan. Tulosten perusteella kahdeksasta ankkurointipisteelle asetetusta laatutavoitteesta toteutui seitsemän. Vastauksena tutkimuksen toiseen alaongelmaan, **toteutuvatko kaikki ne laatutavoitteet, joiden toteutuminen arvioidaan testiradalta saatujen tulosten perusteella**, voidaan todeta, että eivät toteudu.

Tutkimuksen alaongelmiin saatujen vastausten perusteella voidaan vastata tutkimuksen pääongelmaan, **todistaako ankkurointipiste sille määritellyn laatutavoiteteoreeman?** Alaongelmiin saatujen vastausten perusteella ankkurointipiste ei todista sille määritellyä laatutavoiteteoreemaa.

# 4 LUOTETTAVUUSTEOREETTINEN OSA

## 4.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkivan tuottamisen mallin mukaan toteutetun tutkimuksen luotettavuuden arvioinnin kohteena ovat ensiksi tutkimuksen alkuvaiheessa mahdollisesti tehdyt kartoittavat tutkimukset, tiedonhankinta sekä analysointi. Toiseksi arvioinnin kohteena ovat todistamisteoreettisen vaiheen tiedonhankinta- ja analyysimenetelmät. Luotettavuuden arvioinnissa tulee myös huomioida, miten eksistenssiehdot on rajattu suhteessa hankittuun tietoon ja kuinka laatutavoitteet on tiedosta johdettu ja dimensioitu. (Metsärinne & Kallio, 2011, 65.) Tämän tutkimuksen alkuvaiheessa ei toteutettu kartoittavaa tutkimusta, koska tutkijoilla on itsellään useiden vuosien kokemus kattotyöskentelystä, mistä johtuen tutkijoille on kertynyt runsaasti tietoa ankkurointipisteisiin ja henkilökohtaiseen putoamissuojainjärjestelmään liittyen. Tuota vuosien aikana kerättyä tietoa voidaan pitää varsin arvokkaana ja totuudenmukaisena, koska se on kertynyt tuotteen käyttökohteessa, ennen tämän tutkimuksen aloittamista. Tuotteen eksistenssiehdot on rajattu tutkijoille kertyneen tiedon ja standardin SFS-EN-795 mukaan, joista myös laatutavoitteet on johdettu ja dimensioitu.

Luotettavuutta tutkittaessa keskeisiä käsitteitä ovat perinteisesti olleet reliabiliteetti ja validiteetti. Nämä soveltuvat etenkin kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin. Kvantitatiivista tutkimusta tehdessä sen luotettavuutta voidaan tutkia tutkimuksen eri vaiheissa numeerisia arvoja käyttäen. Kvalitatiivista tutkimusta tehdessä tällaisten arvioiden tasolle ei voida päästä. (Erätuuli ym. 1994, 100.) Niinpä käsitykset reliabiliteetin ja validiteetin käsitteiden sopivuudesta kvalitatiivisen tutkimuksen arviointiin vaihtelevat. Tutkivan tuottamisen menetelmällä toteutettujen tutkimusten ainutkertaisuudesta ja subjektiivisuudesta johtuen tutkimuksen toistettavuuden vaatimus ei ole mielestämme olennaista tässä tutkimuksessa.

Laadullista tutkimusta tehdessä sen luotettavuutta lisää tutkijan mahdollisimman tarkka kuvaus tutkimuksen toteuttamisen vaiheista. (Hirsjärvi, Remes &

Sajavaara 2007, 227) Luotettavuutta lisää myös tutkijatriangulaatio, eli kahden tai useamman tutkijan osallistuminen aineiston keräämiseen ja analysointiin. (Hirsjärvi ym. 2009, 232–233) Tämän tutkimuksen kaikkiin vaiheisiin on osallistunut kaksi tutkielman tekijää. Koska kvalitatiivisen tutkimuksen keskeisin luotettavuuskriteeri on tutkija itse, täytyy tutkimuksen luotettavuuden arvioinnin koskea koko tutkimusprosessia. (Eskola & Suoranta 1998, 210–211) Tämän tutkimuksen tutkimusprosessiin sisältyvät tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessien kuvaus, sekä tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät, aineiston analyysi ja tulosten esittäminen. Tämän tutkielman etenemisvaiheet on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti, mikä puoltaa tutkimuksen luotettavuutta.

Lincoln ja Guba (1985) ovat esittäneet kvalitatiivisen tutkimuksen arvioinnissa käytettäväksi vaihtoehtoisia käsitteitä reliabiliteetille ja validiteetille. Heidän mielestään kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arviointia tehdessä on tutkijan vastattava neljään kriteeriin, jotka ovat totuusarvo, sovellettavuus, pysyvyys ja neutraalius. (Lincoln & Guba 1985, 298–299.)

Totuusarvo tarkoittaa tutkijan kykyä vakuuttaa tutkimusyhteisö tutkimustulosten totuudenmukaisuudesta ja luotettavuudesta. (Lincoln & Guba 1985) Tämän tutkimuksen totuusarvoon vaikuttavat mahdollisimman tarkka valmistusprosessin kuvaus, tutkijatriangulaatio ja mahdollisimman todenmukaiset testiolosuhteet. Tutkimuksen aineisto kerätään testiradalla, puolistrukturoidulla teemahaastattelulla ja tutkijoiden toteuttamilla mittauksilla.

Sovellettavuudella tarkoitetaan tutkimustulosten sovellettavuutta toiseen tutkittavaan ryhmään tai toiseen tutkimusasetelmaan. (Lincoln & Guba 1985) Tässä Pro gradu -tutkielmassa kerättyä käyttäjätietoa ei lähtökohtaisesti ole tarkoitus soveltaa toiseen kontekstiin, koska kyseessä on tapaustutkimus. Tapaustutkimuksella pyritään lisäämään ymmärrystä tietyistä tapauksesta pyrkimättä yleistettävään tietoon. (Saarinen-Kauppinen & Puusniekka, 2006)

Pysyvyyden käsite voidaan rinnastaa toistettavuuteen, sillä sen taso kertoo tulosten samankaltaisuuden tutkimusta toistettaessa samoilla tai samanlaisilla yksilöillä vastaavassa tilanteessa. Tutkimuksen luotettavuutta ei voida

kuitenkaan täydellisesti tarkistaa pelkästään tutkimusta toistamalla tilanteen ainutkertaisuuden vuoksi. (Syrjälä ym. 1994. 130). Jos toiset tutkijat toteuttaisivat tämän tutkielman, olisi se todennäköisesti jo alusta alkaen erilainen, koska tutkijoiden tuotteelle asettamat laatutavoitteet ovat hyvin yksilöllisiä. Tästä johtuen pysyvyyden käsite ei mielestämme ole olennainen kriteeri tämän tutkimuksen luotettavuuden arviointia pohtiessa. Tuotteen testaaminen on toistettavissa sellaisilla koehenkilöillä, joilla on kokemusta kattotyöskentelystä.

Lincoln & Guba (1985) puhuvat kvalitatiivisen tutkimuksen yhteydessä tutkimuksen neutraaliudesta. Tutkimuksen neutraalius osoittaa tulosten oikeellisuuden luotettavuutta, niin etteivät tutkimustulokset ole tutkijan intressien ja motivaation tulosta, vaan puhtaasti vastaajista ja tilanteista johtuvia (Lincoln, Y. & Guba, E. 1985. 290, 294-300). Tämän tutkimuksen neutraaliutta parantaa tuotteen käyttäjätiedon hankinta testiradalla ulkopuolisten koehenkilöiden avulla, sekä tutkijoiden keräämä tieto ainoastaan sellaisista ominaisuuksista, jotka ovat mittaajasta riippumattomia. Vaikka tutkimuksen aihevalinta nousee tutkijoiden kiinnostuksen kohteesta, tutkielman tekijät noudattivat hyvää tutkimusetiikkaa eivätkä pyrkineet vaikuttamaan tutkimustuloksiin.

## 4.2 Tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta

Kuten johdannossa mainittiin, tutkimuksen lähtökohtina olivat tutkijoiden vuosien kokemus kattotyöstä, sekä siellä ilmenneet ongelmat. Tutkijoiden mielestä on ollut haastavaa löytää työturvallisuusvaatimukset täyttävä työtap, joka olisi lisäksi myös tehokas. Kattotyöskentelyn suurimpana ongelmana tutkielman tekijät pitivät turvaköyden kiinnitysmahdollisuuksien vähäisyyttä, etenkin omakotitalojen katoilla. Aikaisemmin mainittujen ongelmien kautta tutkijoille muodostui tarve tuotteelle, jonka avulla voidaan mahdollistaa työturvallisuusvaatimukset täyttävä ja samaan aikaan tehokas työskentelytap.

Tutkimuksen aikana tutkielman tekijät hankkivat tietoa erilaisista kattoturvatuotteista ja kiinnitysmekanismeista ja suunnittelivat sekä valmistivat konesaumatulolle peltikatolle tarkoitetun, siirreltävän ankkurointipisteen ja testasivat laatutavoitekriteerien toteutumista. Ankkurointipisteen 18:sta laatutavoitteesta neljä jäi toteutumatta. Toteutumatta jääneet laatutavoitteet ovat



60 sekunnin tavoiteltu asennusaika, 60 sekunnin tavoiteltu irrotusaika, kuormituksen kestävyys jokaiseen suuntaan minimissään 12Kn ja ankkurointipisteen asentaminen tai irrottaminen eivät aiheuta vaurioita ankkurointipisteeseen tai asennusalustaan.

Kuormituksen kestävyttä mitattaessa kävi ilmi, että vaadittuun 17 Nm momenttiin kiristettäessä ankkurointipiste vaurioittaa asennusalustaa. Staattisen voiman rasiustestissä ankkurointipiste aiheutti testipenkin konesauaman repeämisen 12 kN kuormituksessa. Tutkijoiden tekemien havaintojen perusteella kontaktipisteen ja konesauaman välinen pinta-ala alkoi vähitellen pienentyä kiristysmomentin noustessa lähelle 17 Nm. Pinta-alan pienentyessä pistemäinen rasitus kasvoi ja sai aikaan vaurion konesaumassa. Tästä johtuen ankkurointipiste ei kestänyt siihen kohdistuvaa 12 kN staattista voimaa kolmea minuuttia, vaan irtosi 2 minuutin ja 3 sekunnin jälkeen. Koska ankkurointipiste ei läpäissyt staattisen voiman rasiustestiä ja huonosta suunnittelusta johtuen vaurioitti kiinnitysalustaa, ei testiradalla voitu käyttää 17 Nm kiristysmomenttia ankkurointipistettä asennettaessa, jotta ankkurointipiste ei vahingoittaisi testiradan asennusalustaa. Koska vaadittavaa kiristysmomenttia ei käytetty, testiradalla saadut tulokset asennus- ja irrotusajoista eivät ole totuudenmukaisia, vaan ainoastaan suuntaa antavia. Todellisuudessa asentamiseen ja irrottamiseen kuluisi enemmän aikaa, kuin tulokset osoittavat.

Pienillä muutoksilla ankkurointipiste todennäköisesti läpäisisi standardin SFS-EN-795 mukaisen staattisen voiman rasiustestin. Ensimmäinen ja tärkein muutos olisi kasvattaa kontaktipinta-alaa ja muuttaa rakennetta siten, että kontaktipinta-ala ei muutu kiristysmomentin kasvaessa. Kontaktipinta-alan ollessa suurempi, kiinnitysalustaan kohdistuva paine jakautuisi suuremmalle alueelle ja näin ollen mahdollisuus kiinnitysalustan vaurioitumiseen vähenisi. Lisäksi voidaan pohtia, olisiko suuremmalla kontaktipinta-alalla vaikutusta ankkurointipisteen paikallaan pysymiseen staattisen voiman rasiustestin aikana.

Testiradalta saatujen suuntaa antavien tulosten perusteella ankkurointipisteen asentaminen ja irrottaminen ovat nopeita toimenpiteitä verrattuna hyvin yleiseen, katon ulkopuolisen ankkurointipisteen käyttämiseen. Kasvattamalla testiradalla suoritettujen asennusten ja irrotusten määrää koehenkilöä kohden, olisi ollut

mahdollista saada tuloksia vielä nopeammista asennus- ja irrotusajoista. Nopeamat asennus- ja irrotusajat olisivat vaikuttaneet laskevasti tulosten keskiarvoihin. Näitä asennus- ja irrotusaikoja voidaan edelleen nopeuttaa kasvattamalla kiristämiseen tarkoitetun kierretangon nousua, jolloin vipuvarret sulkeutuisivat ja aukeaisivat nopeammin. Jyrkemmän nousun myötä kiristysmomentti kasvaisi. Nykyinen 17 Nm kiristysmomentti on helposti käsin kiristettävissä, joten kiristysmomentin nostamisen olisi mahdollista vaikuttamatta liikaa käytettävyyteen.

Ankkurointipiste on valmistettu teräksestä ja painaa tällä hetkellä 12,6 kg, joka on noin puolet kevyempi, kuin standardin SFS-EN-795 mukainen maksimi kilomäärä 25kg. Lisäksi standardissa SFS-EN-795 sallitaan enintään 10mm pysyvät muodonmuutokset tuotteen rakenteessa. Testipenkissä suoritettua staattisen voiman rasiustestin jälkeen pysyviä muodonmuutoksia mitattiin enintään 2 mm, joten materiaalivahvuus on joiltain osin ylimitoitettua. Nykyisen materiaalin seinämävahvuuksien optimointi, tai materiaalin vaihtaminen johonkin kevyempään, laskisivat ankkurointipisteen painoa entisestään. Kevyemmällä ankkurointipisteellä voisi olla myös positiivinen vaikutus ankkurointipisteen käytettävyyteen. Haastatteluissa kävi myös ilmi, että osa koehenkilöistä piti tuotetta melko painavana. On kuitenkin huomioitava, että kattotyöskentelyssä usein kuljetetaan myös ankkurointipistettä painavampia esineitä, esimerkiksi 18 litran täysiä maaliastioita. Tämä korostui eräässä testiradan jälkeisessä haastattelussa, jossa koehenkilö ei pitänyt tuotteen painoa ongelmana.

Testitilanteissa nousi esille ankkurointipisteen helppokäyttöisyys ja ilmeinen asennustapa. Koehenkilöt omaksuivat nopeasti ankkurointipisteen toimintaperiaatteen, kun heille oli käyty läpi ankkurointipisteen osat ja toimintaperiaate. Tämä näkyi myös kohtuullisen tasalaatuisissa asennus- ja irrotusajoissa eri testaajien välillä.

Tutkimustulosten perusteella ankkurointipisteen 18:sta laatutavoitteesta 14 toteutuu, joten ankkurointipisteen suunnittelu- ja valmistusprosessia voidaan pitää kohtuullisen onnistuneena. Suurin osa laatutavoitteista oli sellaisia, jotka tutkielman tekijät pystyivät jo suunnitteluvaiheessa toteuttamaan. Sellaisia tavoitteita ovat esimerkiksi neljä kontaktipistettä kattoon kiinnittäessä ja

kiinnittäytymislenkki turvaköydelle. Tutkielman tuloksista voidaan päätellä, että kattotyöskentelyn työtehokkuuden parantaminen työturvallisuusvaatimukset huomioon ottaen on mahdollista siirreltävän ankkurointipisteen avulla. Tutkielman aikana kehitelty ankkurointipiste on kuitenkin vasta prototyyppituote, jonka kehitys on kesken. Näin voidaan ajatella, koska ankkurointipiste ei läpäissyt standardin mukaista testausmenetelmää, mistä johtuen ankkurointipisteelle ei voi hakea CE-merkintää.

Tutkielman tekijöillä on visioita tässä tutkielmassa valmistetun prototyypin parantamiseen liittyen, sekä kokonaan uudentlaisista ankkurointipisteistä, jotka mahdollisesti läpäisisivät standardin SFS-EN-795 vaatimukset. Tämä tutkielma toimii hyvänä pohjana seuraavalle jatkotutkimukselle, jonka tavoite olisi edelleen kehittää siirreltävän ankkurointipisteen prototyyppiä. Jatkotutkimusehdotuksina voidaan tulosten perusteella pitää kontaktipinnan kasvattamista, kiristysmekanismin nopeuttamista kierteen nousua kasvattamalla ja tuotteen materiaalin optimointia. Lisäksi tutkielmaa voitaisiin käyttää myös täysin uudenlaisten ankkurointipisteiden suunnittelu- ja valmistusprosessien pohjana.

# Lähdeluettelo

- Aaltola, J.;& Valli, R. (2010). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1* . Jyväskylä: PS-kustannus.
- Barry, K.;Domb, E.;& Slocum, M. S. (2014). *www.triz-journal.com*. Haettu 23. 1 2018 osoitteesta <https://triz-journal.com/triz-what-is-triz/>
- Cagan, J.;& Vogel, C. M. (2003). *Kehitä kärkituote - Ideasta innovaatioksi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Choi, S. D.;Grinke, D.;& Lederer, M. (2006). *Fall protection equipment effects on productivity and safety in residential roofing construction*. Haettu 17. 1 2018 osoitteesta [www.web.a.ebscohost.com: http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=038b6ed2-4423-490c-b379-e6725dd414b3%40sessionmgr4008](http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=038b6ed2-4423-490c-b379-e6725dd414b3%40sessionmgr4008)
- Cooper, R. (2006). *www.stage-gate.com*. Haettu 22. 1 2018 osoitteesta [http://stage-gate.net/downloads/working\\_papers/wp\\_10.pdf](http://stage-gate.net/downloads/working_papers/wp_10.pdf)
- Dong, X. S.;Choi, S.;Borchardt, J. G.;Wang, X.;& Largay, J. (2013). *Fatal Falls from roofs among U.S. construction workers*. Haettu 17. 1 2018 osoitteesta [www.sciencedirect.com: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437512001247](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437512001247)
- Erätuuli, M.;Leino, J.;& Yli-Luoma, P. (1994). *Kvantitatiiviset analyysimenetelmät ihmistieteissä*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Eskola, J.;& Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Jyväskylä: Vastapaino.
- Goh, Y. M.;& Love, P. (2010). *Adequacy of personal fall arrest energy absorbers in relation to heavy workers*. Haettu 18. 1 2018 osoitteesta [www.sciencedirect.com: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753510000603](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753510000603)
- Heikkilä, T. (2014). *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita.

- Hindman, D. P., Morris, J., Milad, M., Lori, K., Angels, J., & Smith-Jackson, T. (2013). *Personal Fall Arrest System Anchors in Residential Construction*. Haettu 17. 1 2018 osoitteesta [www.westernbuildingcenter.com:https://westernbuildingcenter.com/wp-content/uploads/Fall-Protection-by-Woodworking-Design.pdf#page=20](http://www.westernbuildingcenter.com:https://westernbuildingcenter.com/wp-content/uploads/Fall-Protection-by-Woodworking-Design.pdf#page=20)
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2000). *Tutkimushaastattelu - Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Helsinki University Press.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2007). *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). *Tutki ja Kirjoita*. Helsinki: Tammi.
- Huang, H.-Z. & Gu, Y.-K. (2006). *Sage Journals*. Haettu 22.1.2018 osoitteesta [journals.sagepub.com: http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1063293X06063425](http://journals.sagepub.com:journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1063293X06063425)
- Hyysalo, S. (2009). *Käyttäjä tuotekehityksessä: Tieto, tutkimus, menetelmät*. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.
- International Organization for Standardization. (2017). *www.iso.org*. Haettu 13.12.2017 osoitteesta <https://www.iso.org/about-us.html>
- Jokinen Tapani. (2001). *Tuotekehitys*. Helsinki: Otatieto.
- Kattoliitto ry. (2012). *www.kattoliitto.fi*. Haettu 18.12.2017 osoitteesta [http://www.kattoliitto.fi/files/464/Kattotoiden\\_tyoturvallisuusopas\\_screen.pdf](http://www.kattoliitto.fi/files/464/Kattotoiden_tyoturvallisuusopas_screen.pdf)
- Koivisto T. (2011). Tieto, tietäminen, innovaatio ja innovointikyky. Teoksessa T. Koivisto, T., Mikkonen, K., Vadén, M., Valkokari, K., Ahonen, M. & Vainio, N. *Rajoja ylittävä innovointi*. (s. 12-31). Tampere: Tampere University Press.
- Lan, A., Arteau, J. & Sirard, C. (2003). *Method for validating multi-component safety system*. Haettu 17.1.2018 osoitteesta [www.sciencedirect.com: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753503000493](http://www.sciencedirect.com:www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753503000493)

- Metsärinne, M. & Kallio, M. (2011). *Johdatus Tutkivaan Tuottamiseen*. Helsinki: Rauma: NordFo ; University of Turku, Departmento of Teacher Education in Rauma.
- Rantanen, K. (2002). *TRIZ-menetelmän hyödyntäminen tuotekehityksen ajatusmallina*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.
- Riikonen, E. (2003). *Työsuojelun perusteet*. Helsinki: Työterveyslaitos.
- Rissanen, T. (2002). *Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä*. Kuopio: Pohjantähti.
- Saارين-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). *KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto*. (Y. tietoaarkisto, Tuottaja) Haettu 22.11.2018 osoitteesta <<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>>
- Sinun Eurooppasi. (14.12.2017). [www.europa.eu](http://www.europa.eu). Noudettu osoitteesta [https://europa.eu/youreurope/business/product/ce-mark/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product/ce-mark/index_fi.htm)
- Soininen, M. & Merisuo-Storm, T. (2009). *Kasvatustieteellisen tutkimuksen perusteet*. Rauma: Turun yliopisto, Rauman opettajankoulutuslaitos.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. (2017). [www.stm.fi](http://www.stm.fi). Haettu 15.11.2017 osoitteesta <https://stm.fi/tyosuojelu>
- Stake, R. E. (2000). Case Studies. Teoksessa N. K. Denzin & Y. S. Lincoln, *Handbook of Qualitative Research* (s. 435–455). London: Thousands Oaks.
- Suomen Standardisoimisliitto. (2017). [www.sales.sfs.fi](http://www.sales.sfs.fi). Haettu 14.12.2017 osoitteesta <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/7/311305.html.stx>
- Suomen Standardisoimisliitto. (2017). [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi). Haettu 13.12.2017 osoitteesta [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/sfs\\_en\\_iso](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso)
- Syrjälä, L., Syrjäläinen, E., Ahonen, S., & Saari, S. (1994). *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Helsinki: Kirjayhtymä.

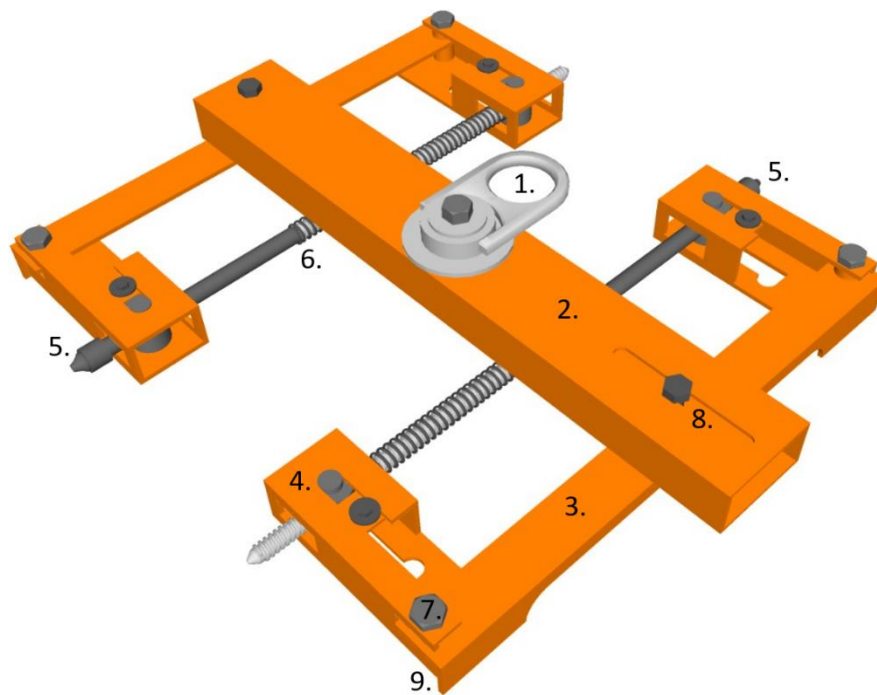
- Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. (2017). *www.tukes.fi*. Haettu 14.12.2017 osoitteesta  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>
- Työturvallisuuskeskus. (2017). *www.ttk.fi*. Haettu 15.11.2017 osoitteesta  
[https://ttk.fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_tyosuojelu](https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu)
- Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2012). *Product Desing and Development (5th edition)*. New York, NY: McGraw-Hill Irwin.
- United States Occupational Safety and Health Administration. (2016). *Fall Protection in Construction*. Haettu 18.12.2017 osoitteesta [www.osha.gov](http://www.osha.gov):  
[https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_v/otm\\_v\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_v/otm_v_4.html)
- United States Occupational Safety and Health Adminstration. (18.11.2016). *Standard 1910*. Haettu 18.12.2017 osoitteesta [www.osha.gov](http://www.osha.gov):  
[https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=1291](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=1291)
- Valtioneuvosto. (2009). *www.finlex.fi*. Haettu 18.12.2017 osoitteesta  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidp451122864>
- Vilka, H. (2006). *Tutki ja Havainnoi*. Helsinki: Tammi.
- Zeisel, J. (2006). *Inquiry by design*. New York, NY: W.W Norton & Company.

# Liitteet

## Liite 1 Ankkurointipisteen osat, toimintaperiaate ja toiminta testiradan aikana.

Kiitos kun osallistut ankkurointipisteen käytettävyytestiin! Testi on osa Pro gradu -tutkielmaamme. Pyydämme seuraamaan ohjeistusta ja noudattamaan annettuja ohjeita koehenkilöiden turvallisuuden vuoksi. Voit keskeyttää testin milloin tahansa, jos koet keskeyttämisen tarpeelliseksi. Keskeyttämisestä ei aiheudu sinulle mitään seuraamuksia. Ennen testiä, käymme yhdessä läpi ankkurointipisteen osat, ankkurointipisteen toimintaperiaatteen sekä toiminnan testiradalla.

Ankkurointipisteen osat:



Ankkurointipisteen osat

1. Vapaasti kääntyvä kiinnittätymislenkki
2. Vipuvarsien vastinkappaleet yhdistävä runkoputki
3. Vipuvarsien vastinkappale, 2 kpl



4. Vipuvarsi, 4 kpl
5. Hylsy momenttiavaimelle, 2 kpl
6. Kierretankoa ympäröivä putki ja jousi, sekä kierretanko, 2 kpl
7. Vipuvarren kiinnityspultti ja sarana, 4 kpl
8. Raakasäädön mahdollistava liuku-ura
9. Vipuvarren ja vastinkappaleen väliin muodostuva kontaktipiste kattoon, 4 kpl

Ankkurointipisteen toimintaperiaate:

- Ankkurointipiste kiinnitetään kattoon seuraavasti: Ankkurointipiste asetetaan konesaumoihin, painetaan tiiviisti kattoa vasten ja varmistetaan, että kaikissa vipuvarsien ja vastinkappaleiden välissä on peltikaton konesauma. Ankkurointipisteen lukitusmekanismi kiristetään kääntämällä kierretangon päässä sijaitsevan momenttiavaimen kaksiasentoinen suunnanvaihtovipu kiristysuuntaan ja kääntämällä momenttiavainta myötäpäivään, kunnes momenttiavaimeen asetettu momentti ilmoittaa oikean kireyden. Momenttiavainta ei tarvitse säätää testiradan aikana.
- Kun ankkurointipiste on kiinnitetty kattoon, käyttäjä voi kiinnittää turvaköyden ankkurointipisteen runkoputken keskellä sijaitsevaan kiinnittäytymislenkkiin.
- Ankkurointipiste irrotetaan katosta seuraavasti: Momenttiavaimen kaksiasentoinen suunnanvaihtovipu käännetään avaamissuuntaan ja momenttiavainta käännetään vastapäivään, kunnes ankkurointipisteen lukitusmekanismi on kokonaan auki. Lopuksi ankkurointipiste nostetaan konesaumoista irti.

Ennen toiminnan aloittamista testiradan vaiheet esitellään koehenkilöille.

Toiminta testiradalla:

- Pue turvaljaat päällesi.
- Mene punaiselle lipulle odottamaan lupaa testiradan suorittamiseen.
- Ota ankkurointipiste ja kiinnitä se valjaissa olevaan lenkkiin, kiipeä tikkaiden yläpäähän, kiinnitä primäärinen turvaköysi selkäpuolellasi sijaitsevaan lenkkiin ja mene katolle. Pidä primäärinen turvaköysi kiinni koko testin ajan!
- Siirry katolla paikkaan A ja kiinnitä ankkurointipiste kattoon.
- Kiinnitäydy ankkurointipisteeseen katolla sijaitsevalla sekundaarisella turvaköydellä ja siirrä katolla sijaitsevaa kevyttä esinettä sivuttaissuunnassa noin kolme metriä.
- Palaa takaisin paikkaan A ja irrota sekundaarinen turvaköysi ankkurointipisteestä ja irrota ankkurointipiste katosta.
- Siirry katolla paikkaan B ja kiinnitä ankkurointipiste kattoon.
- Kiinnitäydy ankkurointipisteeseen sekundaarisella turvaköydellä ja toista esineen siirtäminen.
- Irrota sekundaarinen turvaköysi ankkurointipisteestä ja irrota ankkurointipiste katosta.
- Ota ankkurointipiste, kiinnitä se turvaljaissa olevaan lenkkiin ja jätä sekundaarinen turvaköysi katolle.
- Kulje tikkaiden yläpäähän, irrottaudu primäärisestä turvaköydestä ja laskeudu katolta alas punaiselle lipulle.

## Liite 2 Tutkijoiden observointilomake

Koehenkilö	Kiinnityspaikka	Asennusaika	Irrotusaika
1	A	1 min 26 s	1 min 6 s
	B	1 min 20 s	1 min 6 s
2	A	3 min 20 s	1 min 16 s
	B	1 min 12 s	30 s
3	A	1 min 3 s	1 min
	B	58 s	34 s
4	A	1 min 45 s	52 s
	B	1 min 5s	46 s

### Huomioita testin aikana:

- Koehenkilön numero 2 ensimmäinen asennus epäonnistui. Koehenkilö ei kääntänyt räikän suuntaa kiristämissuuntaan, mistä seurasi kierretangon irtoaminen vipuvarresta.

Asennusaikojen keskiarvo: 1 min 31 s

Asennusaikojen mediaani: 1 min 16 s

Irrotusaikojen keskiarvo: 53,75 s

Irrotusaikojen mediaani: 56 s

## Liite 3 Haastattelurunko

Seuraavat väitteet ovat ankkurointipisteelle asetettuja tavoitteita. Kerro mielipiteesi väitteistä testiradalta saamasi kokemusten perusteella. Lisäksi sinulla on mahdollisuus tutkia ankkurointipistettä väitteitä pohtiessasi. Anna arvosana kunkin tavoitteen toteutumiselle asteikolla 1-5.

1= heikko 5= erinomainen

1. Ankkurointipistettä on helppo käyttää.
2. Yhden henkilön on helppo siirtää tai kuljettaa ankkurointipistettä.
3. Ankkurointipisteen kuluvat osat ovat vaihdettavissa.
4. Ankkurointipisteen pintakäsittely on korroosiolta suojaava.
5. Ankkurointipisteen kiinnittäytymislenkki kääntyy vapaasti turvaköyden mukana.
6. Ankkurointipiste on helppo asentaa oikein ja asennustapa on selkeästi havaittavissa.

Lopuksi:

Onko mielessäsi jokin muu asia ankkurointipisteestä tai sen käytettävyydestä, jonka haluat nostaa esille?